



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Manresa



Treball Final de Grau

Disseny i implementació d'una plantilla intel·ligent per analitzar la caminada

Grau en Enginyeria de sistemes TIC

Curs 15/16

Autor: Francesc Rofes Fores

Director: Pere Palà Schonwalder

Data: 08/06/2016

Localitat: Manresa

Dedicatòries i agraïments

Dedico aquest treball a totes les persones que han fet possible aconseguir aquest objectiu en especial als meus pares per un suport incondicional.

Per una altra banda m'agradaria agrair al meu tutor Pere Palà per l'ajuda proporcionada en tot moment, així com el Manel Blanes per les soldadures i a l'Ernest i el Jordi en les impressions 3D.

Abstract

Wearable technology is the newest technology in the market, a smart insole is wearable technology and it can benefit a lot of people. The sensorized insole can help in various ways like gait analysis, body weight measurements, activity monitoring, post-stroke rehabilitation and foot position studies.

Usually do these measures involve a lot of stuff like the modification of the shoe or big platforms to analyze, all this material are not available to all the people.

On this project I present a Smart Insole, insole-based wearable sensor. This insole has all the electronic embedded into a new 3D designed insole, it is usable with all kind of shoes and this solve the problem of the shoe modification.

The created insole incorporates a 3 axis accelerometer, 3 resistive pressure sensors and all this driven by a Radino nRF8001 system-on-chip with an atmega32U4 microcontroler and Bluetooth low energy(BLE) stack compliant module.

The SmartInsole is wirelessly interfaced to a PC application with data logging and graphics capabilities.

As a final detail the insole charge the battery with induction technology, wires are the past, with the wireless charger module incorporated the insole are more robust, sure and hermetic.

Resum

La tecnologia que es porta és una de les més noves al mercat, una plantilla intel·ligent és tecnologia que es porta i pot beneficiar a moltes persones. La plantilla amb sensors pot ajudar en diferents àmbits com l'anàlisi de la caminada, mesures de la massa del cos, monitoratge de l'activitat, rehabilitació i en estudis de la posició dels peus.

Normalment fer aquestes mesures fa que es necessiti molta infraestructura com modificar sabates o grans plataformes per analitzar, tot això no està disponible per la gran majoria.

En aquest projecte presento un plantilla intel·ligent, amb sensors integrats. Aquesta plantilla té tota l'electrònica que necessita incorporada en una plantilla dissenyada amb tecnologia 3D, es pot utilitzar amb tot tipus de sabates i soluciona el problema de la modificació de les sabates.

La plantilla creada incorpora un acceleròmetre de 3 eixos, 3 sensors de pressió resistus i tot això controlat per un Radino nRF8001 un xip que incorpora un microcontrolador atmega32U4 i un mòdul Bluetooth low energy.

La plantilla intel·ligent es connecta sense fils amb l'aplicació executada en un ordinador, això s'obtenen registres de dades i gràfiques.

Com a detall final la plantilla carrega la bateria amb tecnologia d'inducció, els fils són el passat, amb la tecnologia de càrrega sense fils incorporada la plantilla és més robusta, segura i hermètica.

Índex

1. Introducció.....	8
1.1. Origen del projecte.....	8
1.2. Objectiu del projecte.....	8
1.3. Abast del projecte.....	8
2. Conceptes previs.....	9
2.1. Importància del caminar.....	9
2.2. Anàlisi de la marxa humana.....	9
2.2.1. Dispositius actuals que permeten l'anàlisi.....	10
2.3. Baropodometria electrònica.....	14
2.3.1. Què és?.....	14
2.3.2. Baropodòmetre electrònic.....	14
2.3.3. De què consta?.....	15
2.3.4. Utilitats de la baropodometria.....	16
3. Necessitats.....	18
3.1. Necessitats del sistema.....	18
3.2. Necessitats postanàlisi.....	18
4. Recopilació d'informació: Tecnologia potencialment útil.....	19
4.1. Sensors.....	19
4.1.1. Protocol I2C.....	20
4.1.2. Protocol SPI.....	20
4.1.3. Diferents models de sensors de pressió.....	21
4.1.4. Diferents models de sensors de moviment.....	23
4.2. Bateries.....	25
4.3.1. Bateries de ions de liti.....	25
4.3.2. Bateries de polímer de liti.....	26
4.3.2. Bateries de níquel-híbrid metàl·lic.....	26
4.3.3. Li-Ion, LiPo o Ni-MH?.....	26
4.3.4. Diferents models de bateries.....	27
4.3.5. Taula Comparativa.....	28
4.4. Carregadors.....	29
4.4.1. Diferents models de carregadors.....	29

4.4.2. Taula comparativa.....	29
4.5. Comunicació.....	30
4.5.1. Comunicacions amb fils.....	30
4.5.2. Comunicacions sense fils.....	30
4.5.3. Diferents connexions sense fils.....	30
4.5.4. WiFi o Bluetooth?.....	31
4.6. Microcontroladors.....	32
4.7. Regulador de tensió.....	33
4.8. Programació.....	33
4.8.1. Llenguatges de Baix Nivell.....	33
4.8.2. Llenguatge per al microcontrolador.....	34
4.8.3. Llenguatges d'alt nivell.....	34
5. Solució.....	35
5.1. Paràmetres escollits.....	35
5.2. Tecnologia escollida.....	35
5.2.1. Microcontrolador.....	35
5.2.2. Sensors.....	36
5.2.3. Bateries.....	36
5.2.4. Carregador.....	37
6. Disseny del sistema.....	38
6.1. Disseny de la plantilla.....	38
6.2. Disseny de la PCB.....	42
7. Funcionament del sistema.....	48
7.1. Funcionament final del sistema.....	50
8. Codi dels programes.....	51
8.1. Codi en llenguatge C pel radino.....	51
8.2. Codi en Python pel PC.....	53
8.2.1. Codi receptor.....	53
8.2.2. Codi per fer gràfiques.....	55
9. Dispositiu final.....	56
10. Gràfiques obtingudes.....	58
11. Cost económic.....	62
12. Conclusions.....	63

13. Índex d'il·lustracions.....	64
14. Índex de taules.....	66
15. Datasheets importants.....	67
16. Bibliografia.....	68
17. Fitxa tècnica.....	72

1. Introducció

1.1. Origen del projecte

Arrel de la presentació d'un projecte que es va dur a terme el 21 d'Octubre del 2014, es va encarregar fer un projecte de consultoria amb l'objectiu de monitoritzar la caminada d'una persona per a, posteriorment, poder tractar les dades per a determinar si aquest té problemes que es puguin derivar d'un "mal caminar".

Amb aquesta idea com a concepte neix aquest projecte de fi de grau, que és la realització d'un dispositiu real que ens permet analitzar la caminada d'una persona.

1.2. Objectiu del projecte

L'objectiu del projecte és aconseguir implementar un dispositiu, en aquest cas integrat en una plantilla per poder analitzar la caminada d'una persona, la plantilla ha de ser còmode, capaç de recollir dades i transmetre-les via wireless a un altre dispositiu.

1.3. Abast del projecte

L'abast del projecte queda clarament definit, és aconseguir un dispositiu final capaç de recollir dades de diferents sensors i enviar-les a un altre dispositiu.

Això inclou, el disseny des de zero d'una plantilla feta a mida on incorporar els elements hardware, la tria dels components del dispositiu, el disseny d'una placa PCB de circuit imprès on incorporar diferents components, interconnectar tots els elements, programar el dispositiu i una serie de proves finals.

Per tal de plasmar tot el treball desenvolupat en aquest projecte, en el document lliurat s'explicaran seqüencialment els següents apartats: es començarà amb una explicació de conceptes previs, on s'exposaran diverses tècniques actuals que hi ha per a determinar problemes en patrons de la caminada, fent èmfasis en la baropodometria. Tot seguit es mostraran les necessitats. Després hi ha un apartat referent a la recerca d'informació efectuada, on s'exposen els dispositius potencialment útils que podrien anar bé per a la solució final. A continuació, es va al nucli del projecte on s'explicarà a quina solució final he arribat i la justificació d'aquesta.

2. Conceptes previs

2.1. Importància del caminar

Molts estudis han revelat la importància de caminar per a la salut en els éssers humans, però en pocs d'aquests es fa èmfasis en la rellevància del caminar correctament. Defineixen caminar com una activitat perfecte per a mantenir-nos en forma de manera còmode, independentment de la nostre condició física o edat. Tot i així, és important prestar atenció a la manera en què es camina, ja que si no es compleix, pot ser que:

Algun altre problema estigui ocasionant aquest mal caminar.

No sigui ocasionat per cap altre factor però, en el futur, ens pugui ocasionar problemes seriosos. S'ha de tenir en compte que la manera incorrecte de caminar, no tindrà només conseqüències en els nostres peus, sinó que afectarà a tot l'organisme. Una mala petjada provocarà tensions indegudes en els turmells i genolls, que pot repercutir fins i tot a la zona lumbar, entre d'altres.

Sense anar més lluny, un estudi fet per la Fundació Nacional de Osteoporosi (*National Osteoporosis Foundation*) ha donat unes xifres molt significatives: L'osteoporosi (que és una malaltia sistemàtica molt comuna que es caracteritza per una disminució de la massa òssia i un deteriorament de la micro arquitectura dels ossos) causa més de dos milions de fractures a l'any. Només al 2005, va ser la responsable de 297.000 fractures de maluc, 547.000 fractures vertebrals i 135.000 fractures de pelvis, entre d'altres. Els experts preveuen que els costos relacionats amb les fractures osteoporòtiques augmentaran més del doble quan arribem a l'any 2025. A més a més, un 24% dels pacients de més de 50 anys amb fractura de maluc moren abans de que passi un any des d'aquesta. Un estudiant graduat en la MIT va identificar la necessitat de controlar els canvis d'equilibri en la gent gran per tal de poder detectar i prendre mesures per prevenir una caiguda.

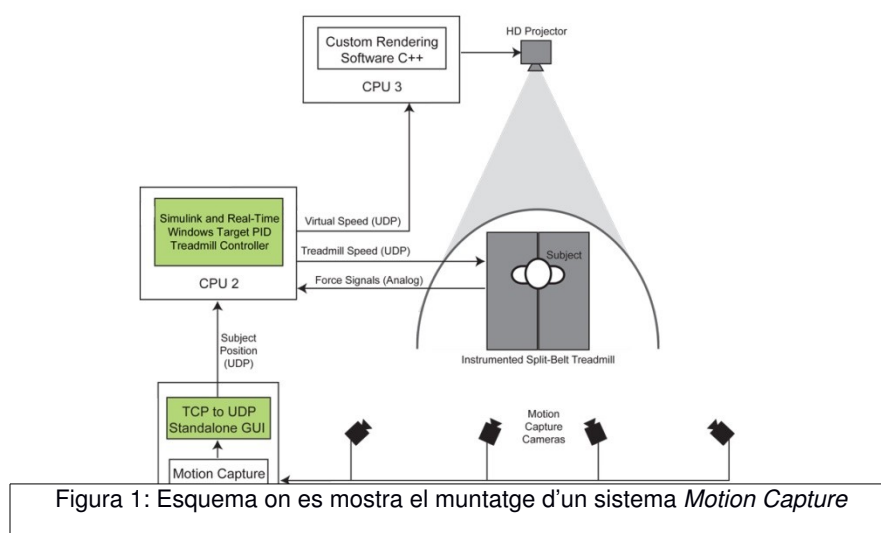
Una manera d'avaluar com camina una persona i veure si existeix alguna alteració en aquesta és realitzant un estudi biomecànic de la marxa, també anomenat estudi biomecànic de la petjada.

2.2. Anàlisi de la marxa humana

L'anàlisi de la marxa humana resulta ser de gran utilitat per a una ampla gama d'aplicacions, com al diagnòstic i tria de tractaments en pacients amb malalties neuromúscul-esquelètiques. Els mètodes i tecnologies existents per a aquest anàlisi són nombrosos, i permeten l'obtenció de paràmetres quantitatius característics d'un patró de marxa de manera objectiva.

2.2.1. Dispositius actuals que permeten l'anàlisi

- *Motion Capture Systems*: Aquest mètode s'implementa en ambients controlats, mitjançant la gravació en 3D utilitzant varies càmeres (el número depèn del muntatge). Genera una imatge en moviment del individu que es pot reproduir i per tant, fer-ne un post-anàlisi.



- *Smart socks* (Mitjons intel·ligents): Es tracta de mitjons fets amb E-textils (teixits intel·ligents) junt amb una turmellera que va recopilant les dades. Aquestes dades es transmeten a temps real a una aplicació concreta del smartphone de l'usuari on es poden visualitzar els paràmetres en qualsevol moment. Aquest dispositiu està enfocat a persones que volen fer activitat física i permet saber si s'està efectuant correctament. A més a més, també et permet saber la distància recorreguda i les calories cremades, entre d'altres.



Figura 2. Components del producte Smart Socks de Sensoria

L'ha desenvolupat una empresa que es diu *Sensoria*, i el seu preu ronda els 100 \$ (amb un parell de mitjons, la turmellera i l'aplicació incloses tal i com es mostra en la Figura 2), però encara està en fase experimental.



Figura 3. Aplicació que va lligada amb els Smart Socks de Sensoria

- *Pressure insoles* (Plantilles de pressió): Es tracta de plantilles que tenen incorporats sensors de pressió.
 Hi ha varies empreses que han desenvolupat aquest producte amb algunes diferències. A continuació en veiem unes quantes:
 - o Moticon: ha desenvolupat un producte que l'anomenen *OpenGo Insoles*. Està focalitzat tant en l'àmbit mèdic com en l'esportiu. Les dades es poden visualitzar tan en un ordinador com en una aplicació feta expressament per aquest producte.
- Pot mesurar diferents paràmetres, tal i com es mostren en les següents figures:

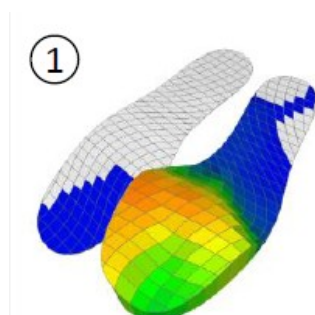


Figura 4. Il·lustració on es mostra la distribució de la pressió del peu

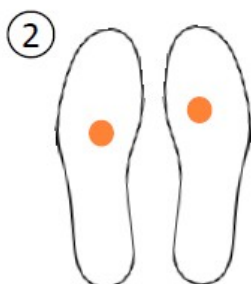


Figura 5. Il·lustració on es mostra el centre de pressió

Cada plantilla consta de 13 sensors de pressió repartits per tota la superfície d'aquesta. Moticon explica que aquests són els punts claus per al registre de la caminada.

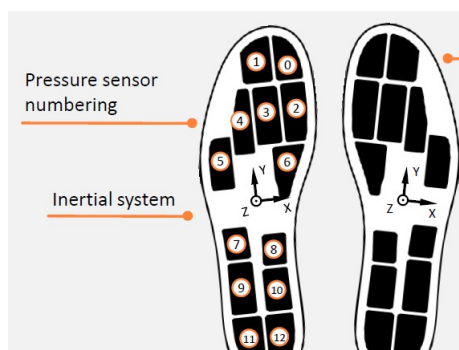


Figura 6. Il·lustració on es mostren els 13 punts claus de la planta del peu

Per a més informació consultar l'annex [1]

- o Tekscan: el producte que ha desenvolupat aquesta empresa s'anomena *Force Sensitive Insole*, i el seu objectiu és mèdic, ja les dades que es recullen poden anar directament al seu doctor perquè en faci un anàlisi. A més a més, també és capaç d'avisar als familiars en el cas de que l'usuari pateixi una caiguda.



Figura 7. Producte Force Sensitive Insole de l'empresa Tekscan

En un futur tenen previst que es puguin corregir problemes d'equilibri, proporcionant estimulació sensorial als peus quan detecta que el subjecte s'està desviant del seu equilibri normal.

- *Sistemes de plataforma*: Aquest dispositiu és el més utilitzat i hi ha molts productes diferents al mercat. Algunes de les empreses que ho han desenvolupat són:
 - o Novel: el producte desenvolupat s'anomena *Emed*. És un sistema electrònic precís que serveix per gravar i avaluar la distribució de les pressions plantars, ja sigui en condicions dinàmiques o estàtiques. Aquesta plataforma està disponible en diferents dimensions, resolucions, freqüències i diferents opcions de sincronització.



Figura 8. Foto de la plataforma Emed desenvolupada per l'empresa Novel

És una plataforma portàtil, conté sensors capacitius calibrats i es pot connectar mitjançant l'USB a ordinador amb sistema operatiu Windows 7 o 8. Mesura amb precisió les pressions del peu i el pes corporal.

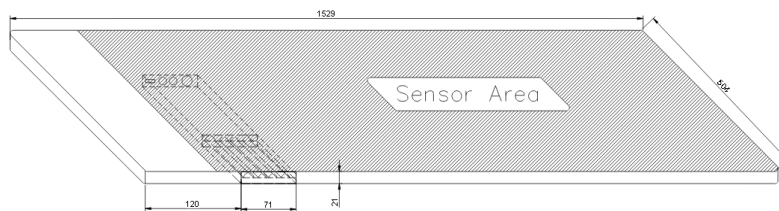


Figura 9. Esquema de la plataforma Emed

Aquesta plataforma té unes dimensions de 1529x504x21 mm amb una àrea de sensors de 1440x440 mm i amb un nombre de sensors que arriba fins a 25.344.

- o Tekscan: El producte desenvolupat l'anomenen *MatScan*. És un sistema electrònic que serveix per a capturar les pressions plantars i les forces que exerceix el peu.



Figura 10. Fotografia de la plataforma MatScan

L'altura de la plataforma és de 5,7 mm, és fàcil i ràpida de configurar via USB, les dimensions de la plataforma són 435,9x368,8 mm i conté 2.288 sensors.

- o Zebris Medical GmbH: Han desenvolupat un sistema de plataforma anomenat *FDM*. Aquest dispositiu és un sistema de mesurament bàsic, que

mesura la distribució de força que exerceix el peu. Està controlat per un ordinador mitjançant l'USB. El mesurament i l'avaluació dels paràmetres es fa mitjançant el programa WinFDM, que ja és específic per a aquesta plataforma. Es poden veure fins a tres mesures diferents per a poder-les comparar.



Figura 11. Fotografia de l'ús de la plataforma FDM

Les seves dimensions són de 158x60,5x2,5 cm amb una àrea de sensors de 149x54,2 cm i conté 11.264 sensors.

Aquests sistemes de plataforma són l'eina d'un estudi molt interessant que se centra en l'anàlisi del caminar d'una persona, que és la baropodometria electrònica.

2.3. Baropodometria electrònica

2.3.1. Què és?

La baropodometria electrònica és l'estudi de la distribució de les pressions plantars, que actualment es fa a través d'una plataforma de registre electrònic.

L'anàlisi de la caminada mitjançant mecanismes com els baropodòmetres permet conèixer les pressions que s'exerceixen en cada un dels punts de la superfície plantar, tant en forma estàtica com dinàmica. Permet visualitzar en temps real, durant el desenvolupament del pas, tant la superfície de càrrega com la línia que es forma des del centre de gravetat.

2.3.2. Baropodòmetre electrònic

L'equip consisteix en una plataforma de 240x40cm que conta amb 9.600 sensors electrònics que proporcionen les dades de pressió de cada un dels peus a un ordinador que transforma les dades numèriques que es registren en imatges.

Un baropodòmetre electrònic té un preu aproximat de 17.000 €.



Figura 12. Baropodòmetre electrònic

2.3.3. De què consta?

L'estudi consta de dues fases:

- Fase estàtica: Amb la imatge de la petjada plantar es defineix la localització del baricentre, així com els punts màxims de pressió per a cada extremitat i la repartició de càrregues entre l'avantpeu i el retropeu.

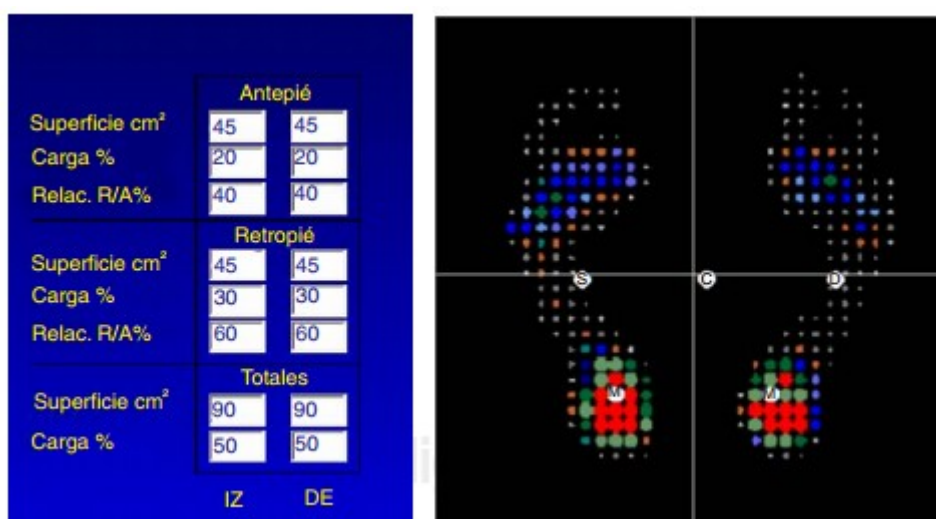


Figura 13. Baropodometria en fase estàtica on s'observen els punts de màxima pressió i el baricentre en un pacient normal amb valors de referència normals

Fase
dinàmica:
és

l'aspecte més important i innovador de l'anàlisi, ja que permet visualitzar el registre consecutiu en funció del temps i de totes les dades relatives al peu durant el

desenvolupament de la caminada normal. Durant aquesta fase és possible, a més a més, registrar la superfície que s'abarcar en cada passa, la pressió màxima exercida en cada fase individual durant el desenvolupament de passa, la velocitat del moviment del peu en cada fase i la força exercida pel pes durant les fases de recolzament i d'impuls.

Això ens permet realitzar un procediment que mesura:

- La distribució de les pressions plantars en posició erecte, ja sigui en fase estàtica o dinàmica proporcionant-nos els valors de les pressions en colors.
- El punt de màxima pressió.
- La superfície de recolzament.
- El baricentre corporal o centre de pressió projectat a l'interior del polígon de recolzament (la projecció del centre de gravetat a la petjada plantar).

2.3.4. Utilitats de la baropodometria

La utilitat de l'estudi de la baropodometria s'ha manifestat en diferents disciplines de medicina, no només en l'ortopedia, sinó també amb la neurologia, otorinolaringologia, rehabilitació i medicina esportiva.

Aquestes són algunes de les seves utilitats:

- Com que la baropodometria estudia les pressions plantars, tant dinàmiques com estàtiques, en individus normals pot ajudar a entendre la biomecànica d'un peu normal i la seva aplicació posterior en processos patològics.
- Detecció, tractament i control del peu reumàtic, ja que pot detectar oportunament zones anormals d'hipertensió i tractar-les convenientment.
- Per a pacients diabètics amb alteracions sensibles és de gran ajuda, ja que es poden localitzar les zones de més pressió i realitzar la descàrrega adequada per a evitar lesions.
- Valorar l'eficiència dels tractaments quirúrgics si es compara objectivament entre un estat preoperatori i postoperatori.
- En quant a la medicina esportiva, serveix per a avaluar el desenvolupament dels atletes en diferents disciplines i evitar lesions.
- Com a complement en els programes de rehabilitació, on s'avalua l'eficiència del tractament i permet la modificació d'aquest per a millorar el resultat.
- Junt amb sistemes optoelectrònics (vídeo i escàner de la empremta plantar), permet realitzar estudis de postura i, finalment, realitzar una plantilla tecnològica que permeti una distribució adequada de la càrrega i la correcció d'una gran quantitat de problemes, tal i com es mostra en la Figura 14.

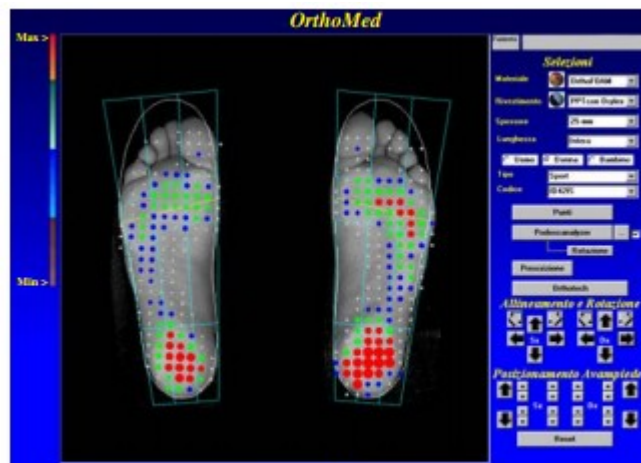


Figura 14. Disseny d'una plantilla tecnològica utilitzant la informació de la baropodometria.

3. Necessitats

3.1. Necessitats del sistema

Tal com s'indica a l'objectiu del treball s'ha desenvolupat un sistema que sigui capaç de complir els següents requeriments:

- Un sistema amb una bona autonomia, que com a mínim pogués funcionar durant unes quantes hores.
- Wearable, que sigui fàcil de portar per l'usuari.
- Sense fils, que la connexió del sistema cap a l'exterior no requereixi de fils.
- Capaç de recollir dades de diferents sensors i enviar-les a un altre dispositiu.

3.2. Necessitats postanàlisi

Fins aquí s'han mostrat les necessitats del sistema, però després de fer un anàlisi, s'han pogut extreure algunes altres necessitats:

- Precisió al prendre mesures.
- Components amb consum energètic baix, per obtenir una bona autonomia.
- Valorar la temperatura i pressió màxima suportada pels sensors a l'hora de triar-los.
- Sistema amb capacitat per mesurar els següents paràmetres:
 - Pressions plantars
 - Punt màxim de pressió
 - Superfície de recolzament.
 - Inclinació del peu en tot moment

4. Recopilació d'informació: Tecnologia potencialment útil

Per tal de poder dur a terme aquest projecte s'ha hagut de recopilar informació de diferents tipus d'elements i tecnologies:

- Sensors
- Microcontroladors
- Bateries
- Programació
- Comunicació
- Carregadors de bateria

4.1. Sensors

Primer de tot, s'ha de tenir en compte que hi ha molts tipus de sensors:

- D'inclinació
- De desplaçament i deformació
- De velocitat lineal i angular
- D'acceleració
- De força
- De pressió
- De caudal
- De temperatura
- De presència
- Tàctils
- Acústic
- De llum

Un cop vistos tots els sensors disponibles s'ha enfocat l'atenció ens els dos tipus de sensors que més informació ens poder proporcionar per poder analitzar la caminada, aquests són:

- Accelerometre
- Pressió

Abans d'exposar els sensors trobats, s'ha de parlar de les dos grans famílies que existeixen pel què fa al protocol de comunicació dels sensors:

- I²C
- SPI

4.1.1. Protocol I²C

El protocol I²C és un bus de comunicacions en sèrie. La velocitat és de 100 kbit/s en el mode estàndard, tot i que també permet velocitats de 3,4 Mbit/s. La seva principal característica és que utilitza dues línies per transmetre la informació, una per les dades i l'altre pel senyal de clock. També és necessària una tercera línia per fer de massa.

Els dispositius connectats al bus I²C tenen una adreça única per a cada un, i també poden ser màster o esclaus. El dispositiu màster inicia la transferència de dades i a més a més genera el senyal de clock, però no és necessari que el màster sempre sigui el mateix dispositiu; aquesta característica se la poden anar passant els dispositius que tinguin aquesta capacitat. Aquesta característica fa que al bus I²C se'l anomeni bus multimàster.

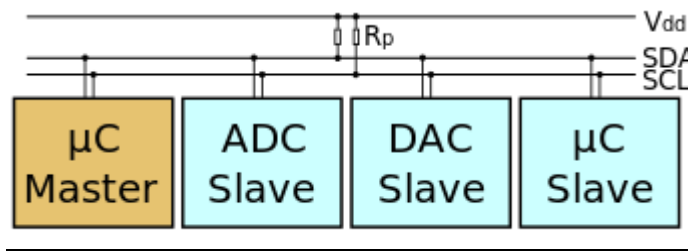


Figura 15. Exemple esquemàtic amb un mestre (un microcontrolador) i tres nodes esclaus (ADC, DAC i un altre microcontrolador)

4.1.2. Protocol SPI

El protocol SPI és un bus de comunicacions en sèrie. La sincronització i transmissió de dades es realitza mitjançant 4 senyals:

- SCLK (*Clock*): és el pols que marca la sincronització.
- MOSI (*Master Output Slave Input*): és la sortida de dades del màster i entrada de dades de l'esclau.
- MISO (*Master Input Slave Output*): és la sortida de dades de l'esclau i l'entrada de dades del màster.
- SS/Select: Per a seleccionar l'esclau, o per a que el màster li digui a l'esclau que s'activi.

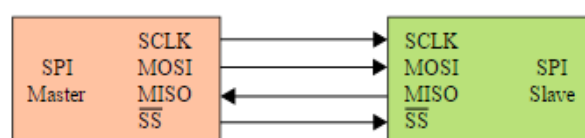


Figura 16. Exemple de bus SPI amb un màster i un esclau

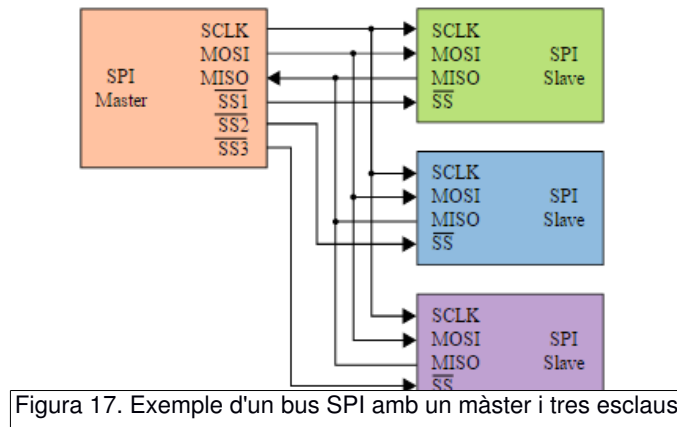


Figura 17. Exemple d'un bus SPI amb un màster i tres esclaus

4.1.3. Diferents models de sensors de pressió

Durant la recerca de sensors de pressió s'ha trobat una família de sensors de pressió que s'ajusta a les necessitats del sistema. Aquests són els *FSR (Force Sensor Resistive)*, i tenen diferents models que veurem a continuació. Tots aquests models comparteixen algunes característiques:

- Tenen un consum de 0,50 mAh
- S'alimenten a 5 V o 3.3 V
- Tenen una capacitat que va des de 0,2 a 20 N.

Els diferents models són:

1. FSR 400 Short



Figura 18. Il·lustració de FSR 400 Short

Aquest model és el més petit, amb unes dimensions de 50x20 mm. Té un preu de 4,77 €.

2. FSR 400



Figura 19. Il·lustració de FSR 400

És el mateix model que el FSR 400 Short, però incorpora més longitud del cable. Té unes dimensions de 50x38 mm. Té un preu de 5,46 €.

3. FSR 402 Short



Figura 20. Il·lustració de FSR 402

Aquesta versió té dimensions de 120x25 mm. Té un preu de 6,22 €.

4. FSR 402



Figura 21. Il·lustració de FSR 402


És el mateix model que l'anterior però incorpora més longitud de cable. Té unes dimensions de 130x56 mm i un preu de 6,01 €.




5. FSR 406



Figura 22. Il·lustració de FSR 406

Aquesta versió de FSR és més gran, amb unes dimensions de 38x83 mm i té un preu de 6,43 €.

Model	Dimensions	Alimentació	Capacitat	Preu
FSR®400 Short	 x20 [mm]	5V	0.2 – 20 [N]	4,77€

FSR® 400	 x38 [mm]	5V	0.2 – 20 [N]	5,46€
FSR® 402 Short	 x25[mm]	5V	0.2 – 20 [N]	6,22€
FSR® 402	 x56[mm]	5V	0.2 – 20 [N]	6,01€
FSR® 406	38x83[mm]	5V	0.2 – 20 [N]	6,42€
FSR® 408	10x622[mm]	5V	0.2 – 20 [N]	20,07 €

Taula 1. Comparativa dels diferents sensors de pressió

4.1.4. Diferents models de sensors de moviment

En quant als sensors de moviment s'han trobat dos xips molt interessants que permeten mesurar varis paràmetres a la vegada.

1. Sensor ADXL345



Figura 23. Sensor ADXL345

Features:

- Ultralow power: as low as 40 μ A in measurement mode and 0.1 μ A in standby mode at $V_s = 2.5$
- Power consumption scales automatically with bandwidth
- User-selectable resolution
- Fixed 10-bit resolution
- Full resolution, where resolution increases with g range, up to 13-bit resolution at ± 16 g (maintaining 4 mg/LSB scale factor in all g ranges)
- Embedded, patent pending FIFO technology minimizes host processor load
- Supply voltage range: 2.0 V to 3.6 V
- SPI (3- and 4-wire) and I2C digital interfaces
- Wide temperature range (-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$)
- Small and thin: 3 mm \times 5 mm \times 1 mm LGA package

2. MPU-6000 i MPU-6050

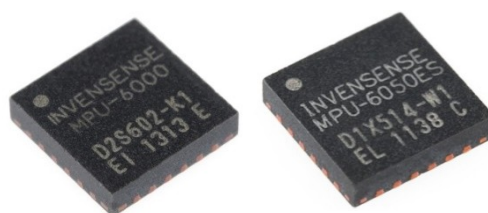


Figura 24. Sensor MPU-600 a l'esquerre i MPU-6050 a la dreta

Aquests dos sensors tenen les mateixes característiques tècniques excepte que el sensor MPU-6000 pot fer servir tan la comunicació I²C com SPI, i el MPU-6050 només es pot comunicar usant el protocol I²C.

Les especificacions que comparteixen són les següents:

- S'alimenten de 3 a 5 V.
- Tenen una gamma del giroscopi de $\pm 250, 500, 1000, 2000$ graus/s
- El seu rang d'acceleració és de $\pm 2, 4, 8, 16$ grams.
- Tenen unes dimensions de 4x4x0.9 mm.
- Tenen un preu de 4,71 €.
- Consumeixen 24 mAh

Model	Dimensions	Alimentació	Comunicació	Consum	Preu
MPU 6000	4x4x0,9[mm]	2,35 – 3,46[V]	I ² C / SPI	24mAh	4,71€
ADXL 345	3x5x1[mm]	2 - 3.6[V]	I ² C/ SPI	40uAh	6.50€

Taula 2. Comparativa dels diferents sensors de moviment

4.2. Bateries

Primer de tot s'ha de fer una petita classificació de les bateries per a centrar-nos en les que interessin més:

- Bateries recarregables
- Bateries no recarregables

En aquest cas, s'ha considerat que les bateries recarregables són les adequades per a fer servir en el disseny ja que, tot i tenir menys capacitat que les bateries convencionals, són més econòmiques a llarg termini (es poden carregar fins a 1000 vegades) i menys corrosives pel medi ambient. Així doncs, una vegada s'ha triat quina bateria és la més òptima, s'ha de triar un carregador adequat per a aquesta.

Abans s'havien de tenir en compte tres famílies de bateries però des de que a Europa es van prohibir les de níquel-cadmi (NcCad), només s'han de tenir en compte dos: les de ions de liti (Li-On) i les de níquel-híbrid (Ni-MH).

4.3.1. Bateries de ions de liti

Els seus avantatges són:

- La lleugeresa
- La seva alta capacitat energètica
- Resistència a la descàrrega
- Descàrrega lineal
- Facilitat per saber la càrrega que contenen
- Poc efecte memòria. Aquest efecte es produeix quan la bateria memoritza que només s'ha utilitzat una part de la seva capacitat, que s'ha recarregat massa aviat o que no s'ha recarregat completament. Per tant, al tenir-la baixa fa que tingui una capacitat molt alta per poder recarregar-lo moltes vegades sense estar pendent de tots els factors esmentats anteriorment.

Els seus inconvenients són:

- Durada mitjana d'uns tres anys
- Suporten entre 300 i 1000 càrregues
- Poden sobreescalfar-se fins arribar al punt d'explotar (tot i que no és habitual), ja que estan fets de materials inflamables.
- Tenen un 25% menys de durada a baixes temperatures
- Voltatge variable

Dins d'aquesta gran família, se'n pot diferenciar una altre que es una variació d'aquestes; les bateries de polímer de liti (LiPo).

4.3.2. Bateries de polímer de liti

Les seves característiques són similars, però permeten tenir una major densitat d'energia i una taxa de descàrrega bastant superior.

Cada cel·la té un voltatge nominal de 3,7V, un voltatge màxim de 4,2V i un mínim de 3V. Aquest últim paràmetre s'ha de respectar rigorosament ja que la pila es pot fer malbé a voltatges inferiors a 3V.

Els avantatges són:

- Major densitat de càrrega per una mida reduïda.
- Bona taxa de descàrrega (bastant superior a la de Li-Ion).
- Ofereix un format més pràctic, el que la fa molt més manejable.
- Resistència interna petita (pot aprofitar gairebé un 100% de l'energia disponible).

Els seus inconvenients són:

- Es necessita un carregador específic.
- Pateixen amb les sobrecàrregues i amb el consum per sobre del nivell normal.

4.3.2. Bateries de níquel-híbrid metàl·lic

Els seus avantatges són:

- Major capacitat que les de Li-On
- Sense efectes de pèrdues de capacitat
- Més econòmiques

Els seus inconvenients són:

- Resistència interna molt gran, el que fa que el seu ús en aplicacions d'alta potència sigui limitat
- Recàrrega lenta
- Sensibles a la calor, el que fa que un sobreescalfament produeixi una reducció de la seva vida útil
- Efecte de memòria més rellevant
- No es pot detectar el seu nivell de càrrega

4.3.3. Li-Ion, LiPo o Ni-MH?

Després d'haver vist les tres famílies de bateries s'ha considerat que les més adequades són les de Li-Po i Li-Ion sobretot fixant-se en:

- Tenen molta densitat de càrrega per una mida reduïda, cosa que la fa favorable per a portar-la a sobre.

- Té una resistència petita i per tant, es fa servir gairebé un 100% de l'energia disponible
- Bona taxa de descàrrega

En resum, podríem dir que les bateries Li-Po i Li-Ion són ideals per equips que requereixin potència i duració amb una mida reduïda, el que les fa òptimes per al nostre prototip.

4.3.4. Diferents models de bateries

1. Tenergy 3.7V 300mAh Lithium-Ion Polymer Rechargeable Battery (062030).



Figura 25. Tenergy 3.7V (062030)

Aquesta bateria té una tensió nominal de 3,7 V, un pes de 5 grams i una capacitat nominal de 300 mAh.

Les dimensions d'aquesta bateria són de 32,5 mm d'altura, 6,1 mm d'amplada i 20,5 mm de grossor. El seu preu és de 5 €.

2. Bateria de Polímer de Liti 3,7V i 1050 mAh (063450)



Figura 26. Polímer de Liti 3,7 V (063450)

Aquesta bateria té una tensió nominal de 3,7 V, un pes de 18 grams i una capacitat nominal de 1050 mAh. Les dimensions d'aquesta bateria són 51mm d'altura, 34mm d'amplada i 6,2mm de grossor. El seu preu és de 9,50.

3. Bateria de Polímer de Liti 3,7V i 2000mAh (E585460-4121-E4104-L58-1)

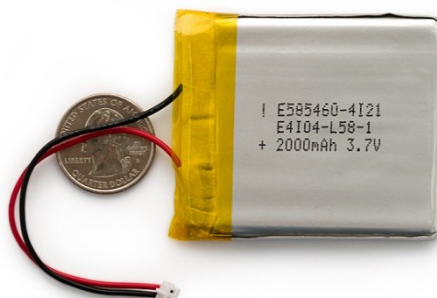


Figura 27. Polímer de Liti 3.7V (E585460-4121-E4104-L58-1)

Aquesta bateria té una tensió nominal de 3,7 V, un pes de 37 grams i una capacitat nominal de 2000 mAh. les dimensions d'aquesta bateria són 60mm d'altura, 54mm d'amplada i 5,8mm de grossor. El seu preu és de 10,37 €.

4. Bateria recarregable de Li-Ion 3.6V 120mAh en format botó.(Lir2450)

- Altura Externa: 5mm
- Capacitat de la Bateria: 120mAh
- Codi de mida: 2450
- Tecnologia de Bateria: Io Liti
- Tensió de la Bateria: 3.6V
- Diametre Extern: 24.5mm
- Pes: 5.2g



Figura 28. Li-Ion lir2450 3.6V

4.3.5. Taula Comparativa

Model	Voltatge	Pes (g)	Capacitat (C)	Dimensions (mm)	Preu (€)	Tipus
062025	3,7	5	300	32,5x6,1x20,5	5	LiPo
063450	3,7	18	1050	51x34x6,2	9,50	LiPo
E585460-4121-E4104-L58-1	3,7	36	2000	60x54x5,8	10,37	LiPo
Lir2450	3,6	5.2	5000	30x20x6	1.50	Li-Ion

Taula 3. Comparativa de les diferents bateries

4.4. Carregadors

Tenint en compte que les bateries que s'ajusten més al nostre prototip són les de LiPo Li-Ion, a continuació exposem alguns carregadors específics per aquestes.

4.4.1. Diferents models de carregadors

1. Carregador bàsic de bateries de polímer de liti de 3,7 V (BA2A950)



Figura 29. Carregador bateries de polímer (BA2A950)

Carrega una sola cèl·lula de 3,7 V a una velocitat de 500 mAh. Està dissenyat per carregar una sola cèl·lula de LiPo. El seu preu és de 9,75€.

2. Carregador programable per la bateria de botó. TP4056

Programmable charge current up to 1000mA

Complete Linear Charger for single cell Lithium-Ion batteries

Constant -Current/Constant-Voltage

Preset 4.2V Charge Voltage

Automatic Recharge

Charger LED



Figura 30. Carregador bateries TP4056

4.4.2. Taula comparativa

Model	Voltatge de les bateries que carrega (V)	Velocitat de carregar (mAh)	Tipus de bateria que carrega	Preu (€)
BA2A950	3,7	500	LiPo	9,75
TPS4056	3.6 - 4	1000	Li- Ion	1

Taula 4. Comparativa dels diferents carregadors

4.5. Comunicació

Podríem definir les comunicacions com el procés de transmissió d'informació entre un emissor i un receptor, que poden actuar amb reciprocitat. Sense tenir en compte una implementació final es pot anticipar que el dispositiu necessitarà dos canals de comunicació: Un per connectar els sensors amb un centre de control i un altre per comunicar aquest centre de control amb un dispositiu extern.

Així doncs, alhora d'analitzar els mètodes per realitzar aquestes comunicacions es poden dividir en dues categories:

- Comunicacions amb fils
- Comunicacions sense fils

4.5.1. Comunicacions amb fils

El mètode més estès consisteix en l'enviament d'impulsos elèctrics per cables metàl·lics, com ara el cable de parells trenats i el cable coaxial. Es fan servir en xarxes telegràfiques, telefòniques i informàtiques.

Un altre sistema és el cable de fibra òptica, pel qual es transmeten ones de llum. En el terreny de les telecomunicacions, és una alternativa als cables metàl·lics. La seva capacitat és tan gran que un cable de vuit fibres òptiques és suficient per transmetre la mateixa informació que 60 cables de 1800 parells de coure o que quatre cables coaxials. L'únic inconvenient que té és que és més car.

4.5.2. Comunicacions sense fils

Es realitza per mitjà de l'enviament d'ones electromagnètiques, generades per impulsos elèctrics, que van d'una antena emissora fins a una receptora a través de l'espai. Per aquest sistema es transmeten els senyals de ràdio, els senyals de televisió i les microones, utilitzades pels telèfons mòbils.

4.5.3. Diferents connexions sense fils

Hi ha diverses comunicacions sense fils:

1. Wifi

És una tecnologia de xarxa local sense fils que permet a un dispositiu electrònic intercanviar dades o connectar-se a internet tant a 2.4 GHz com a 5 GHz. L'Aliança Wi-Fi ho descriu com "qualsevol producte wifi de xarxa local basat en l'estàndard 802.11a/b/g/n/ac de la IEEE".

Hi ha molts dispositius habilitats per utilitzar comunicació Wi-Fi: ordinadors, impressores, videoconsol·les, smartphones, càmeres digitals, tablet·les i reproductors digitals multimèdia. Aquests es poden connectar a un recurs de xarxa com internet via un punt d'accés wifi. Aquest punt d'accés Wi-fi cobreix un diàmetre d'aproximadament 20 metres en interiors i fins a centenars en exteriors. La cobertura

pot ser des de dins d'una habitació amb parets i obstacles que bloquegen el senyal, fins a diversos kilòmetres utilitzant punts d'accés intermedis amb antenes direccionals.

Protocol	Freqüència	Velocitat
802.11a	5 GHz	54 Mbps
802.11b	2,4 GHz	11 Mbps
802.11g	2,4 GHz	54 Mbps
802.11n	5 GHz	300 Mbps
802.11ac	5 GHz	1Gbps

Taula 5. Comparativa dels protocols Wi-Fi

La freqüència de 2,4 GHz té una distància de treball superior, ja que les ones tenen un major poder de penetració. Al ser una freqüència utilitzada per molts aparells hi ha més probabilitat d'interferència. Exemples d'interferència serien: dispositius bluetooth, microones, telèfons DECT i altres punts d'accés.

2. Bluetooth

És una especificació industrial per les Xarxes d'Àmbit Personal (PAN, Personal Area Network) sense fils, que bàsicament serveix per connectar els dispositius que podem portar a sobre o a una distància pròxima.

Amb el Bluetooth, podem obtenir una forma de connectar i intercanviar informació entre dispositius com ordinadors de butxaca, telèfons mòbils, ordinadors portàtils, ordinadors, impressores i càmeres digitals; a través d'una forma segura i de baix cost mitjançant ones de ràdio de baixa freqüència.

El Bluetooth permet a aquests dispositius comunicar-se fins a un màxim de 100 metres entre ells, sempre depenent de la classe de potència d'aquests. Els productes poden estar disponibles en alguna d'aquestes tres classes de potència:

- Classe 3 (1 mW) és la menys habitual i ens permet una transmissió de 10 centímetres fins a un màxim d'1 metre.
- Classe 2 (2.5 mW) és la més comuna i ens permet una distància de fins a 10 metres.
- Classe 1 (100 mW) té l'abast més gran, de fins a 100 metres tot i que el consum és més elevat.

4.5.4. WiFi o Bluetooth?

Per tal d'enviar les dades que el sistema té emmagatzemades a un dispositiu extern i, tenint en compte que la distància entre dispositius no serà molt gran la millor solució és utilitzar la tecnologia bluetooth.

4.6. Microcontroladors

Per tal d'implementar el sistema és fonamental l'utilització d'un microcontrolador que gestioni els sensors i l'enviament de les dades.

Degut a que la tecnologia de comunicació triada ha estat el bluetooth, en concret el BLE(Bluetooth Low Energy), s'ha triat un SoC anomenat Radino nRF8001.

Aquest dispositiu incorpora un microcontrolador atmega 32U4 i un mòdul BLE nRF8001.

Es un dispositiu dissenya específicament per a wearable devices i s'adapta perfectament a les necessitats del sistema.

Característiques:

- Arduino Micro
- Bluetooth low energy
- 15 GPIOs (5 PWM, 5 Analog IN)
- I²C, SPI, UART



Figura 31. Radino nRF8001

Per tal de que el radino disposi de comunicació via bluetooth se li ha d'incorporar un antena ja que el xip no l'incorpora.

En aquest cas l'antena triada ha estat la JOHANSON TECHNOLOGY 2450AT18B100E.

Característiques:

Mida: 3.2mm x 1.6mm x 1.3mm

Freqüència central: 2.45GHz

Impedància: 50ohm

Ample de banda: 100MHz

Potència nominal: 3W



Figura 32. Antena johanson 2450AT18B100E

4.7. Regulador de tensió

Degut a que les bateries de Li-Ion no donen sempre el mateix voltatge, però en canvi el sistema si que ha d'estar sempre alimentat a 3.3V s'ha d'incorporar al sistema un regulador de voltatge.

Un cop buscada informació de diferents reguladors de voltatge s'ha trobat un de molt interessant, aquest és el TPS63051.

Algunes característiques són:

- Buck or Boost converter.
- 2.5 a 5.5 V d'entrada.
- Sortida fixe a 3.3V.
- Mida molt petita 2.5mm x 2.5mm amb 12 pins.

4.8. Programació

Primer de tot, hem de tenir en compte que hem de segmentar la part de programació en dos grups:

- La programació del microcontrolador
- La programació del servidor

Però abans d'això, s'exposaran alguns conceptes previs.

4.8.1. Llenguatges de Baix Nivell

Són llenguatges que depenen de la màquina, és a dir, el programa que es realitza amb aquest tipus de llenguatge no pot migrar o utilitzar-se en d'altres màquines ja que estan dissenyats segons el Hardware per tal d'aprofitar al màxim les seves característiques.

Dins dels llenguatges de baix nivell trobem:

- Llenguatge màquina: aquest llenguatge dóna ordres a la màquina i fa operacions fonamentals pel seu funcionament. És un llenguatge molt més ràpid que qualsevol altre, però amb l'inconvenient que és molt difícil d'utilitzar i debuggear (trobar errors).
- Llenguatge ensamblador: derivat del llenguatge màquina, està format per abreviatures de lletres i números. Cal fer ús d'un programa "traductor" per poder passar el codi a llenguatge màquina.

Aquest tipus de llenguatge presenta alguns avantatges:

- Adaptació màxima entre programació i aprofitament dels recursos de la màquina.
- Velocitat màxima al accedir directament als recursos.
- Abstracció mínima al dependre completament del hardware.

4.8.2. Llenguatge per al microcontrolador

Els llenguatges que es poden emprar per a programar el microcontrolador són:

- Assemblador: Conjunt de mnemònics que representen instruccions bàsiques del processador en concret per tal de facilitar la tasca de programar-lo, a més de macros i altres constants necessàries per programar en l'arquitectura concreta del processador.
- C: Es tracta d'un llenguatge de tipus de dades estàtiques, de nivell mig però amb moltes característiques de baix nivell. Tot i així, facilita molt la programació de dispositius de baix nivell, al tenir característiques de llenguatges d'alt nivell.

4.8.3. Llenguatges d'alt nivell

En aquest cas el llenguatge d'alt nivell s'utilitzarà en la part del node central, és a dir al PC on s'estarà executant el programa que connecta amb el sistema a la plantilla.

Per fer això s'ha decidit utilitzar python ja que és el llenguatge de programació d'alt nivell que més es treballa a l'escola.

A més amb python es farà algun programa per poder fer gràfiques de les dades obtingudes del sistema incorporat a la plantilla.

5. Solució

5.1. Paràmetres escollits

Després d'haver fet un estudi exhaustiu dels mètodes i dispositius que focalitzen el seu anàlisi en la marxa humana, m'he decantat per la baropodometria electrònica, ja que s'ha considerat que era l'estudi que es fixava en els paràmetres més rellevants en la caminada.

D'aquesta manera, el dispositiu estarà encarat a mesurar paràmetres del peu, tant de pressió com de moviment. Els punts a mesurar seran els següents:

- Distribució de les pressions plantars
- Superfície de recolzament
- Inclinació i moviment del peu

De la posició que té el peu en tot moment es pot extreure una gran quantitat d'informació, des de detectar caminades pronadores o supinadores fins a mal gestos a l'hora de caminar.

5.2. Tecnologia escollida

5.2.1. Microcontrolador

En quant a l'emmagatzematge de dades temporal i la seva transmissió cap al servidor, m'he decantat per a fer servir un microcontrolador que pogués fer ambdues coses. Aquest dispositiu és un Radino nrf8001, que és un *System on a chip*.

Serà el responsable d'anar recaptant les dades donades pels sensors a temps real i anant enviant-les per bluetooth.

S'ha triat aquest microcontrolador perquè presenta els següents avantatges:

- Al tenir mòdul de comunicació Bluetooth és pot fer la comunicació amb el servidor.
- Incorpora un microcontrolador atmega, treballats ampliament al grau.
- Té un preu molt assequible (19.90 €)
- Té unes dimensions molt petites i això ens va molt bé degut a que l'usuari l'haurà de portar a sobre.

5.2.2. Sensors

Aquests seran els encarregats de la recaptació de dades. Com que es necessita recaptar tan paràmetres de pressió com d'inclinació, hem d'usar dos tipus de sensors.

- Per a la recaptació de dades de pressió, s'ha cregut que els més adequats eren els FSR 402 , degut a la seva flexibilitat, cost assequible i la seva petita dimensió. S'alimenta a 3.3 V i té una capacitat de 0.2 a 20N que els fan ideals per al disseny.



Figura 33. Sensor de pressió escollit

- Per als paràmetres d'inclinació i moviment, s'ha triat el ADXL345, que s'alimenta a 3.3V i té un consum de 14 uAh.



Figura 34. Accelerometre escollit

5.2.3. Bateries

Finalment la bateria escollida ha estat la pila de botó Lir2450 degut a la seva petita mida i la característica de recarrega.



Figura 35. Bateria Li-Ion escollida

5.2.4. Carregador

Per tal de carregar les bateries, s'ha optat per utilitzar un carregador TP4056. Aquesta placa permet carregar la bateria seleccionada ja que té una resistència programable per poder carregar a diferents intensitats, a més incorpora uns leds indicadors pels diferents modes i estats. En el cas objecte de treball s'ha hagut de substituir la resistència programable original per una de 33kOhms perquè l'intensitat de càrrega fos de 50mA.

Per fer el sistema més hermètic i robust i no haver de necessitar connexions externes, s'ha anat un pas més enllà i s'ha implementat un sistema de càrrega de bateries inal·lambriu.

Per poder fer així possible s'ha utilitzat un receptor de càrrega per inducció en aquest cas un amb estàndard Qi que juntament amb el carregador TP4056 i una base de càrrega Qi fa que sigui possible.

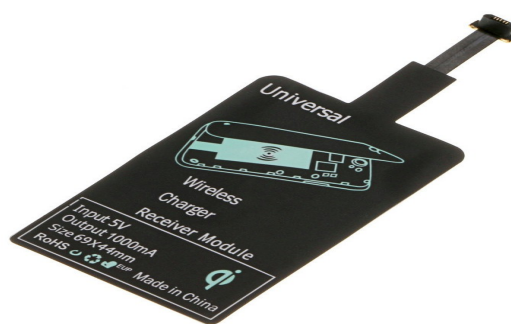


Figura 36. Receptor de càrrega

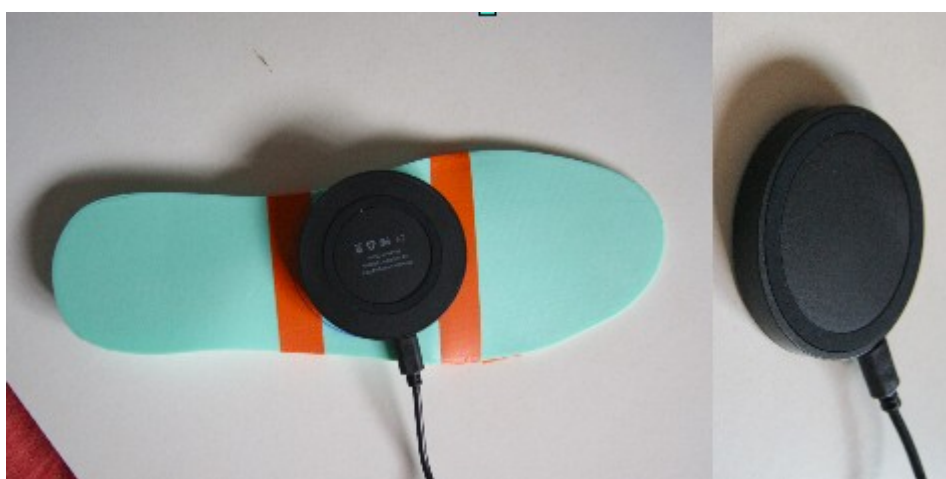


Figura 37. Base de càrrega Qi

6. Disseny del sistema

El disseny constarà de 2 parts:

Per una part s'ha de fer el disseny d'una plantilla on incorporar el sistema, es farà el disseny 3D per tal de poder imprimir-ho amb les impressores 3D.

Per una altra banda s'ha de fer el disseny d'una placa PCB que incorpori els elements triats per poder-ho integrar a la plantilla.

6.1. Disseny de la plantilla

Per tal de fer el disseny de la plantilla vaig decidir utilitzar un programari lliure que ja coneixia, aquest programa és el Blender i s'utilitza per disseny 3D, permet l'exportació de fitxers .stl que són els necessaris per poder fer la impressió 3D.

La plantilla consta de dues parts, una part on s'incorpora el sistema sencer i una segona que és la tapa de la plantilla.

Per fer el disseny de la part principal primer de tot es va fer la forma d'una plantilla normal, partint d'aquest disseny es va començar a donar alçada i forma per tal de poder introduir dins d'aquesta els diferents components.

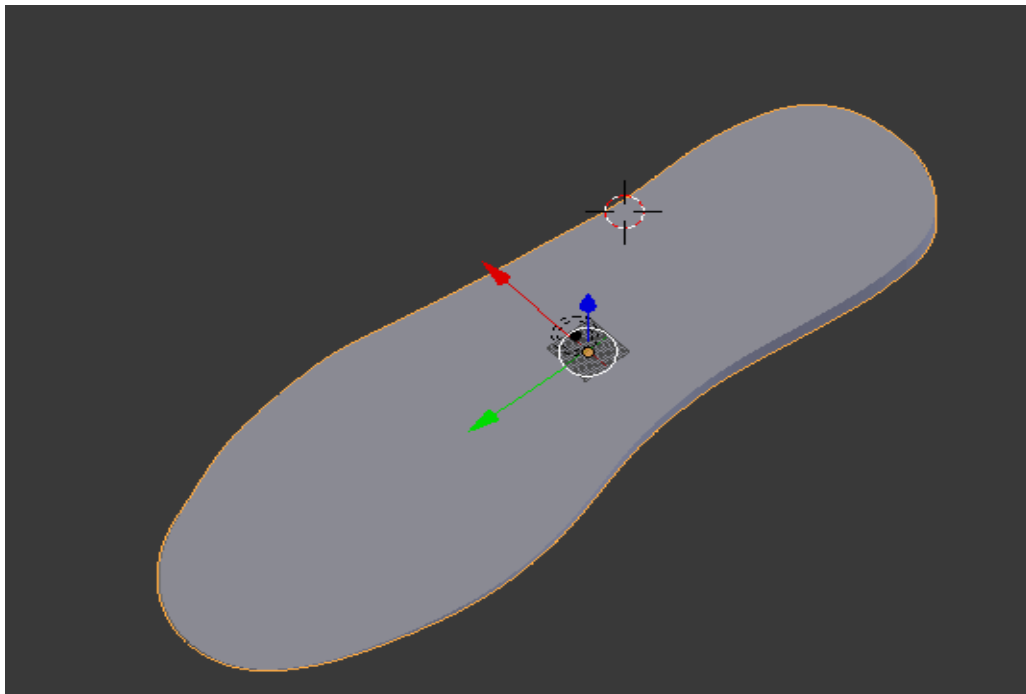


Figura 38. Primer disseny de la plantilla



Figura 39. Disseny amb la forma desitjada

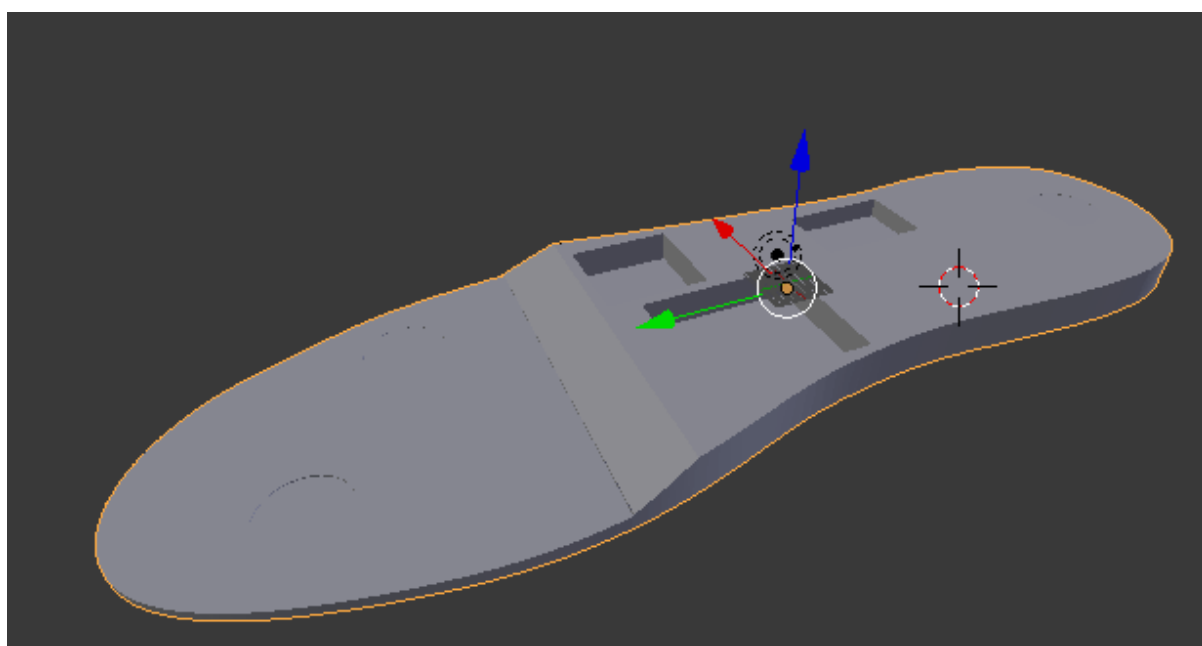


Figura 40. Disseny amb la forma desitjada i forats

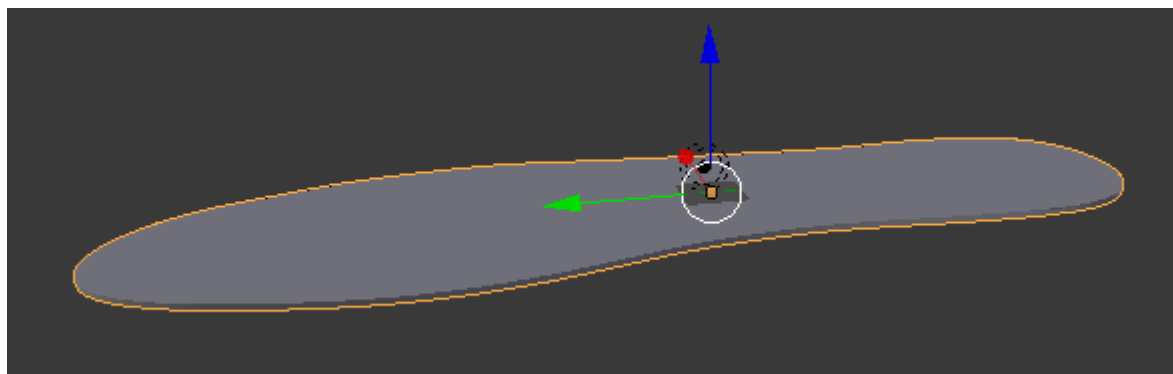


Figura 41 Disseny de la tapa de la plantilla

Un cop el disseny finalitzat es van exportar els fitxers en format .stl, els quals mitjançant el programa Netfabb el que es fa és centrar la peça en l'origen, posar la cara més gran situada en els Orígens XY i veure que la peça no tindrà errors en la impressió 3D, en cas que en detecti que arreglar-ho, i si és necessari escalar la peça.

Seguidament s'ha d'obrir la peça amb el programa Slic3r, per tal de definir el material de la impressió 3D s'ha de definir el percentatge de densitat de la impressió de la peça i exportar-ho com a .gcode i inserir-ho en una SD que és el que es posa en la impressora 3D per tal de posar-ho a imprimir.

Per fer la impressió 3D d'aquesta plantilla, després d'investigar sobre les novetats en tecnologia 3D vaig decidir utilitzar un material nou anomenat Filaflex.

El Filaflex és un material nou creat per a que les impressores 3D puguin imprimir peces flexibles. És un filament elàstic amb base de poliuretà amb diversos additius per què pugui ser imprimible 100%. Filaflex té unes propietats elàstiques impressionants i un coeficient de fricció alt, amb aquestes excel·lents propietats el món del disseny 3D s'amplia.

L'únic inconvenient que s'ha tingut amb aquest material ha estat que mai abans s'havia utilitzat a l'Epsen, això feia que el repte fos molt més gran.

Per poder imprimir les primeres peces amb Filaflex es va haver d'investigar força, i es van haver de fer algunes modificacions a la impressora 3D, en particular es va haver de canviar el extruder per un amb sortida de 0.6mm.

Un cop l'impressora va estar llesta i amb l'ajuda dels fabricants de la nostra impressora 3D, la BCN3D+, que ens van facilitar una configuració específica per imprimir Filaflex, es va poder imprimir la primera peça de prova.

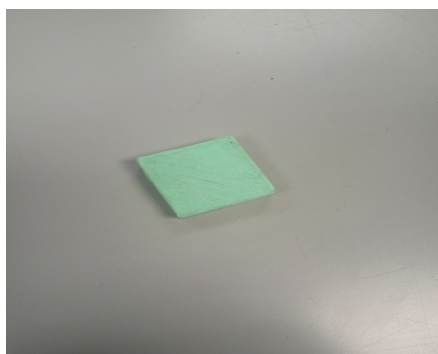


Figura 42. Primera peça amb Filaflex

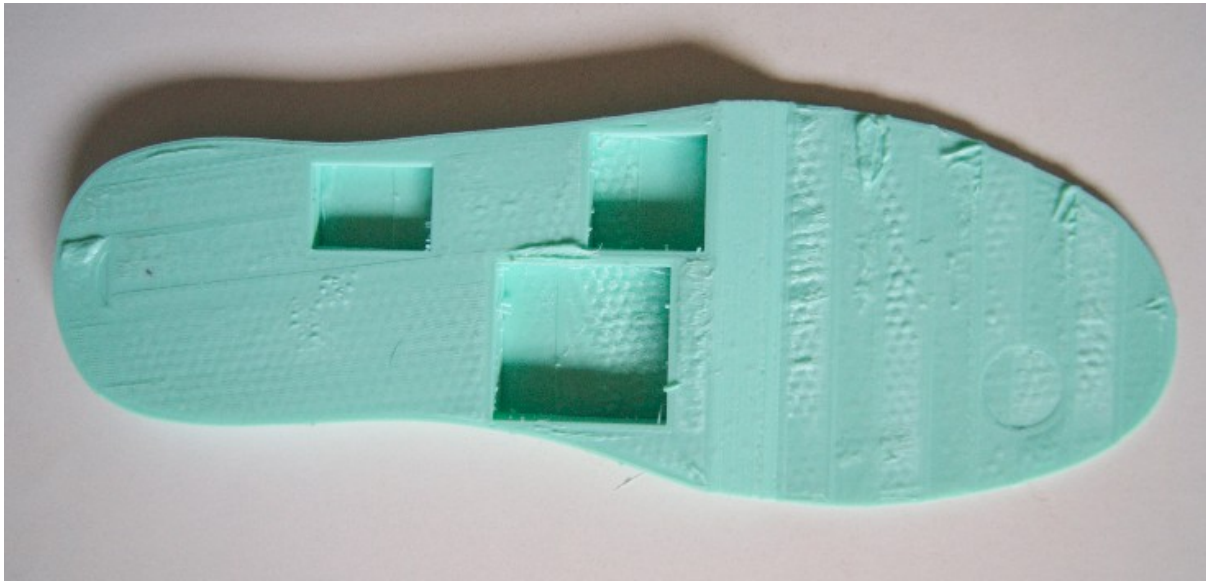


Figura 43. Plantilla impressa amb Filaflex

Un cop fetes les proves i calibrada la impressora es va imprimir la primera peça gran en aquest cas la tapa de la plantilla que podem veure a la figura 42, el resultat va ser un èxit total.

Posteriorment es va imprimir la peça gran que incorpora els components electrònics i un cop més el resultat va ser molt positiu, la flexibilitat i densitat de la plantilla és molt bona.

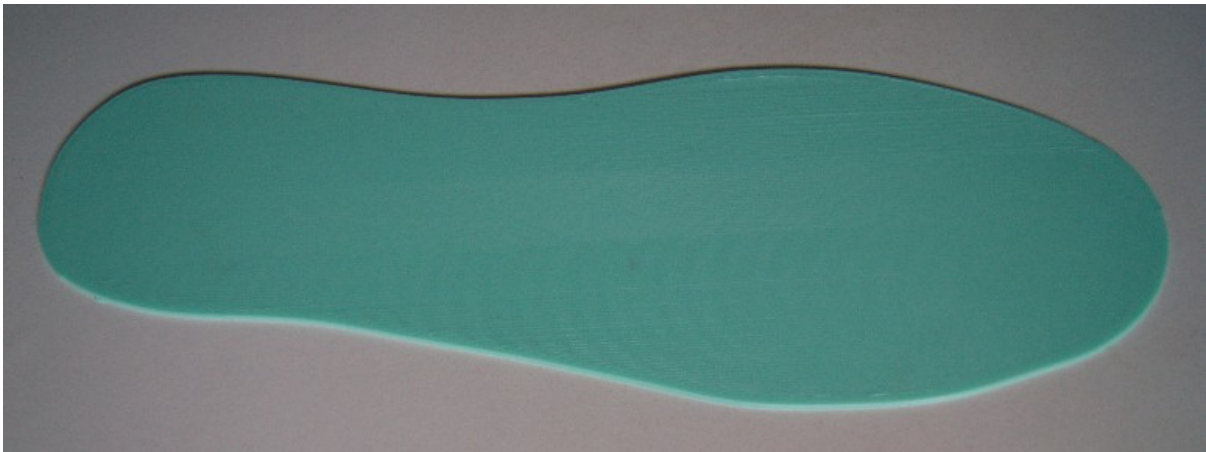


Figura 44. Tapa plantilla impressa mab Filaflex

6.2. Disseny de la PCB

Pel que fa al disseny de la pcb, es va fer un disseny tenint en compte tots els elements necessaris per tal de què el sistema funcionés correctament.

Primer de tot es va fer el disseny de l'esquemàtic de la pcb, aquí es defineixen les connexions dels diferents components.

Per tal de fer el disseny de la PCB, es va pensar en vàries possibilitats de programari de disseny de Plaques de circuit imprès com és el kicad, però finalment es va optar per dissenyar-ho usant EAGLE, ja que era un software que més o menys coneixia i per tant vaig creure necessari usar un programari conegut per tal de fer la placa de circuit imprès de la forma més acurada possible.

Primerament es va haver de crear una llibreria on s'ha inclòs els diferents components que s'han fet servir al llarg del projecte.

Seguidament anar creant un a un cadascun dels components que aquest és un procés no molt difícil però sí força laboriós i que s'ha de realitzar amb cura, i al tenir forces components que no estant predefinits es van haver d'anar creant de nou.

- Crear el símbol del component.
- Crear el package del component amb la seva mida de mides reals
- Crear el device del component

A continuació es mostren unes fotos del procés de creació d'un dels components:

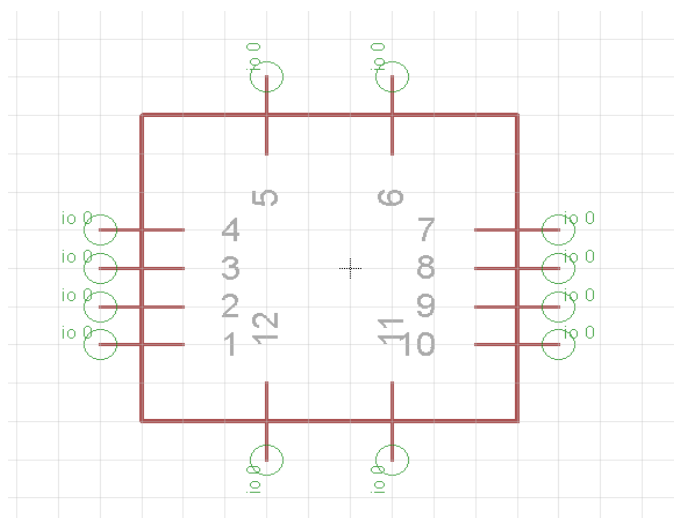


Figura 45. Schematic del Regulador.

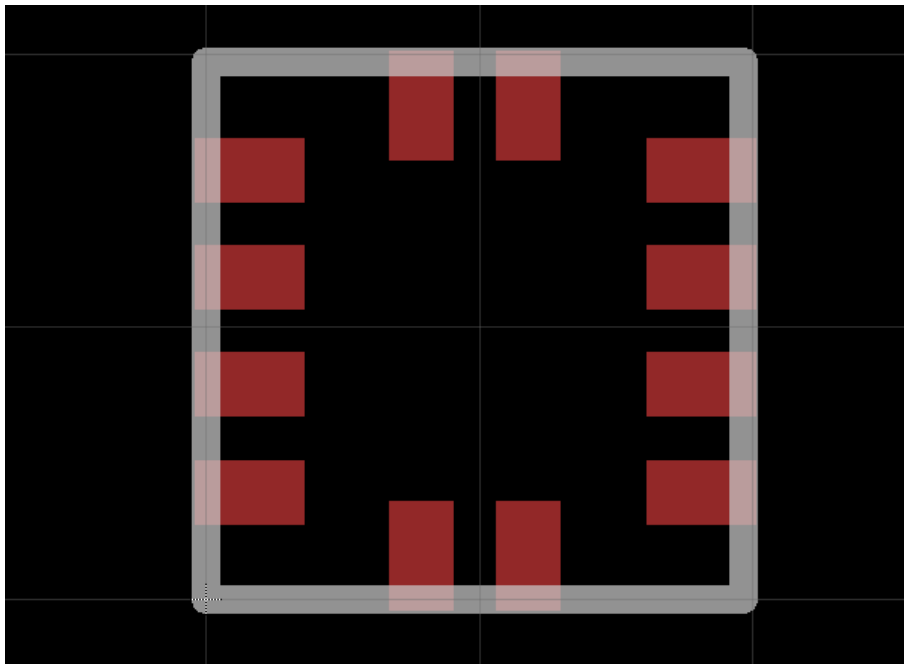


Figura 46. Package del Regulador.

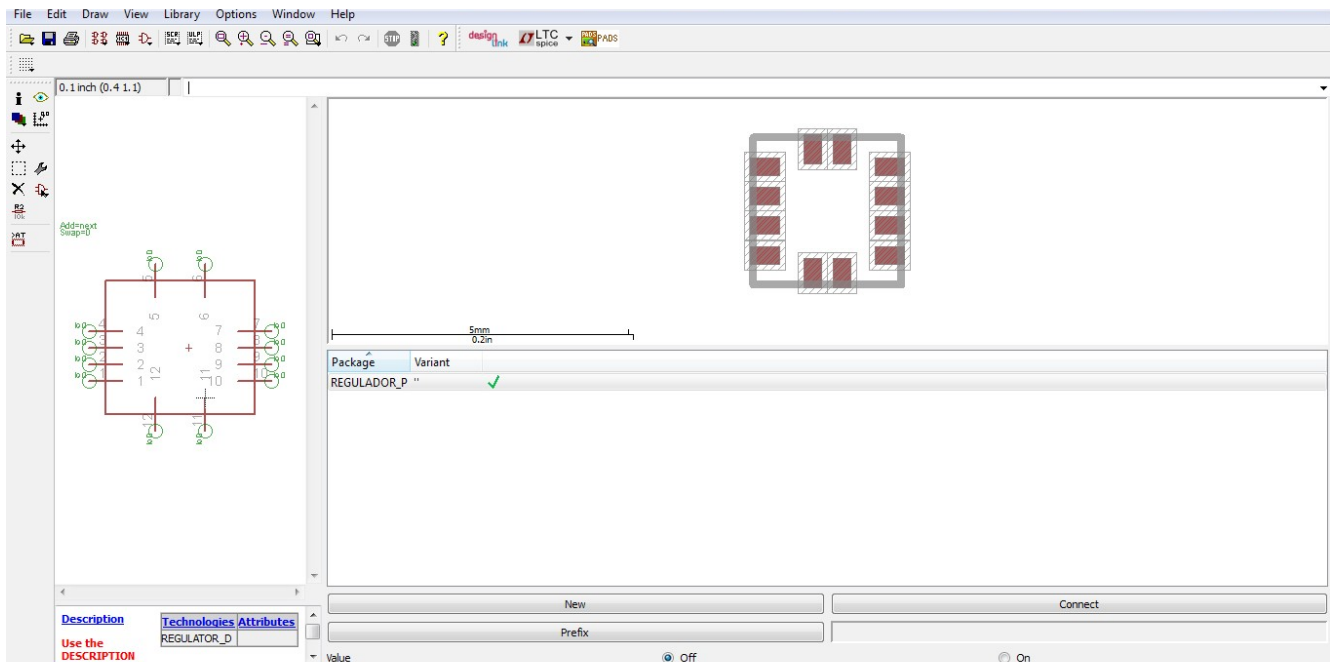


Figura 47. Device del Regulador.

Un cop creats tots els components, s'ha realitzat l'esquemàtic del circuit unint de forma adequada tots els pins de la forma que prèviament s'havia pensat perquè el disseny del circuit funcionés de forma òptima. S'ha d'anar amb cura de tenir molt clar com va enllaçat cada component i que aquests no facin cap mala connexió.

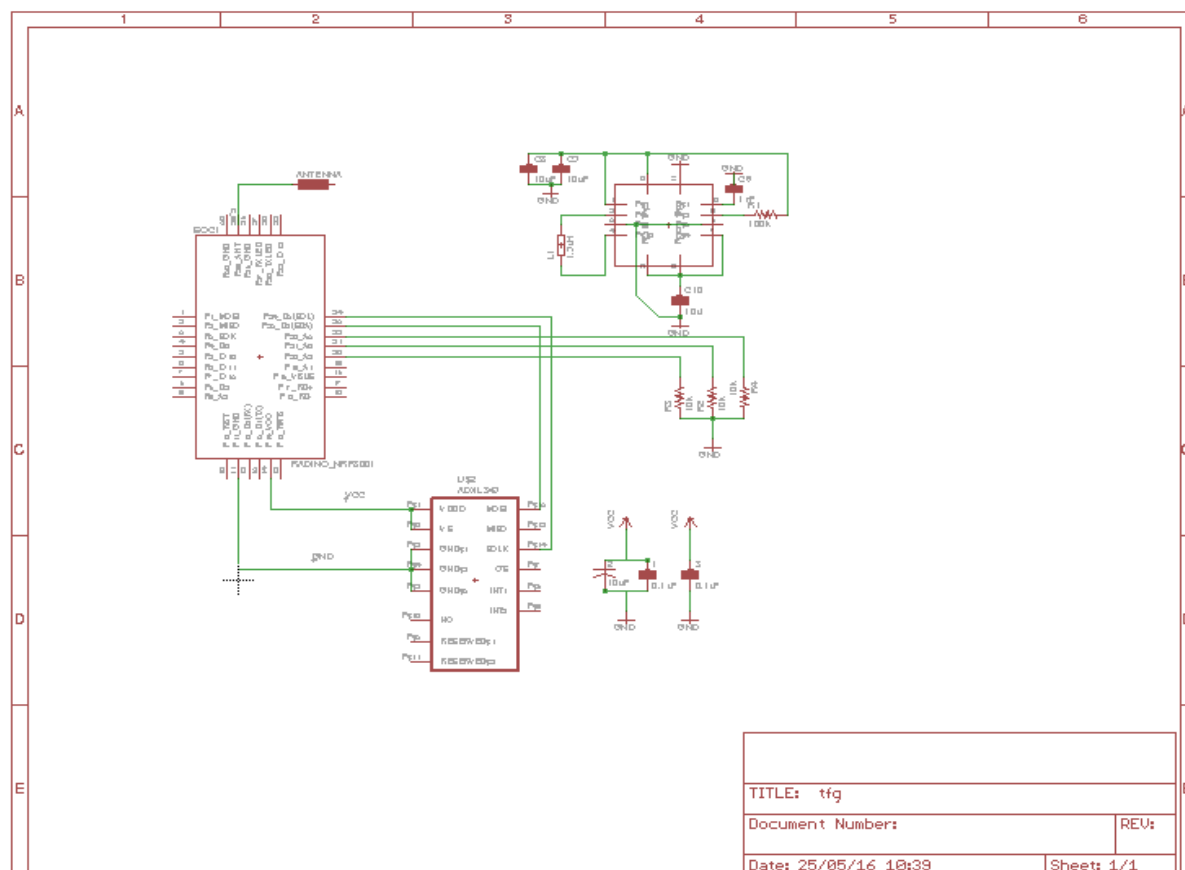


Figura 48. Schematic del sistema.

Una vegada dissenyat l'esquemàtic s'ha de fer la board del disseny, en aquest punt és on determinarem en quina posició exacta anirà cada element i per on aniran les pistes que els interconnectaran.

A l'hora de fer el disseny s'han hagut de tenir diverses coses en compte:

Una de les més importants ha estat la posició de l'antena ja que per què funcioni perfectament s'ha de deixar aïllada del pla de masses per evitar possibles interferències.

Un altre aspecte important quan s'ha fet el disseny ha estat tenir en compte que s'havia de fer una interfície per poder programar el Radino, per fer això es van dissenyar 4 pins connectats al pins USB del radino per poder programar-lo.

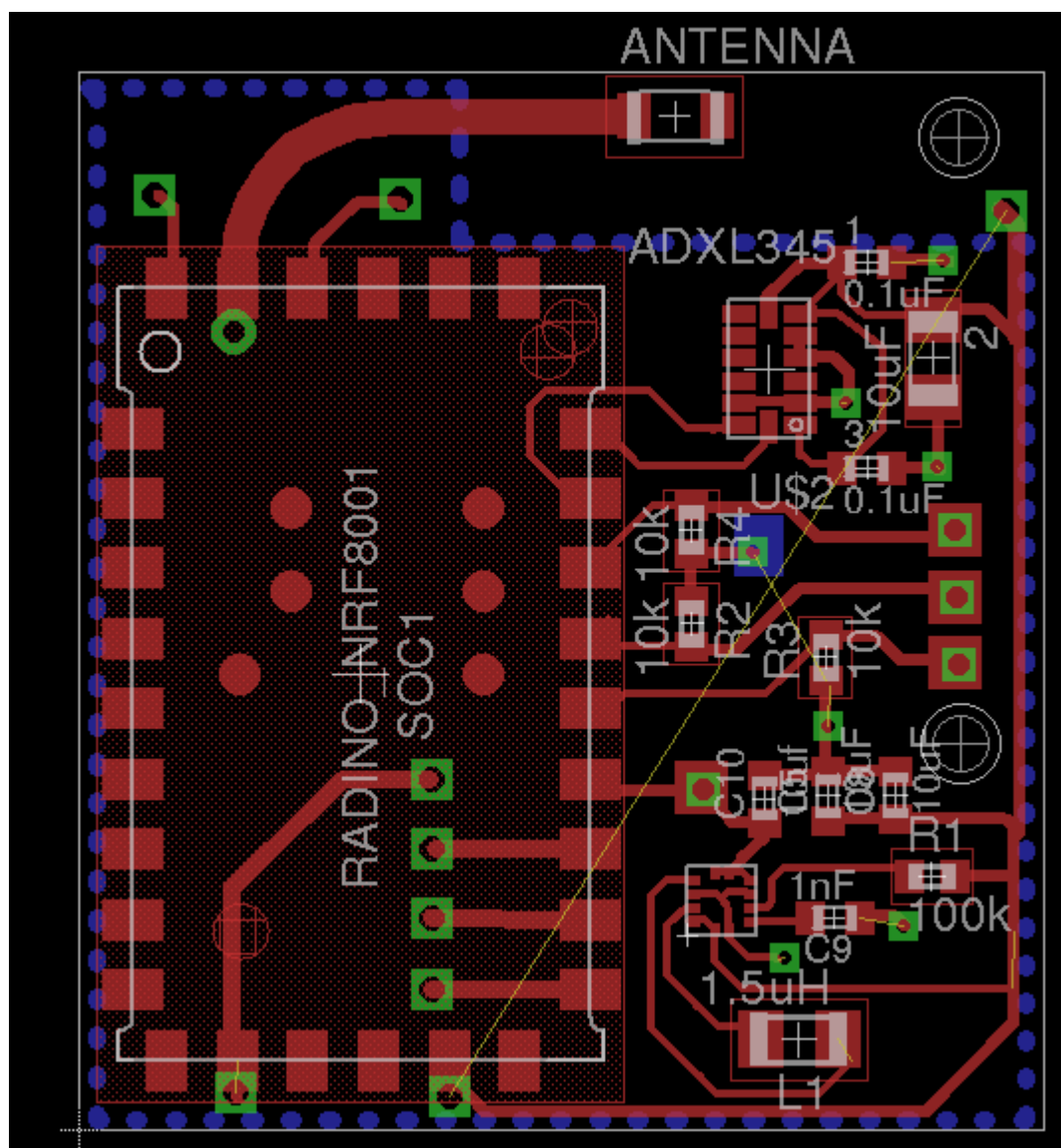


Figura 49. Board del sistema.

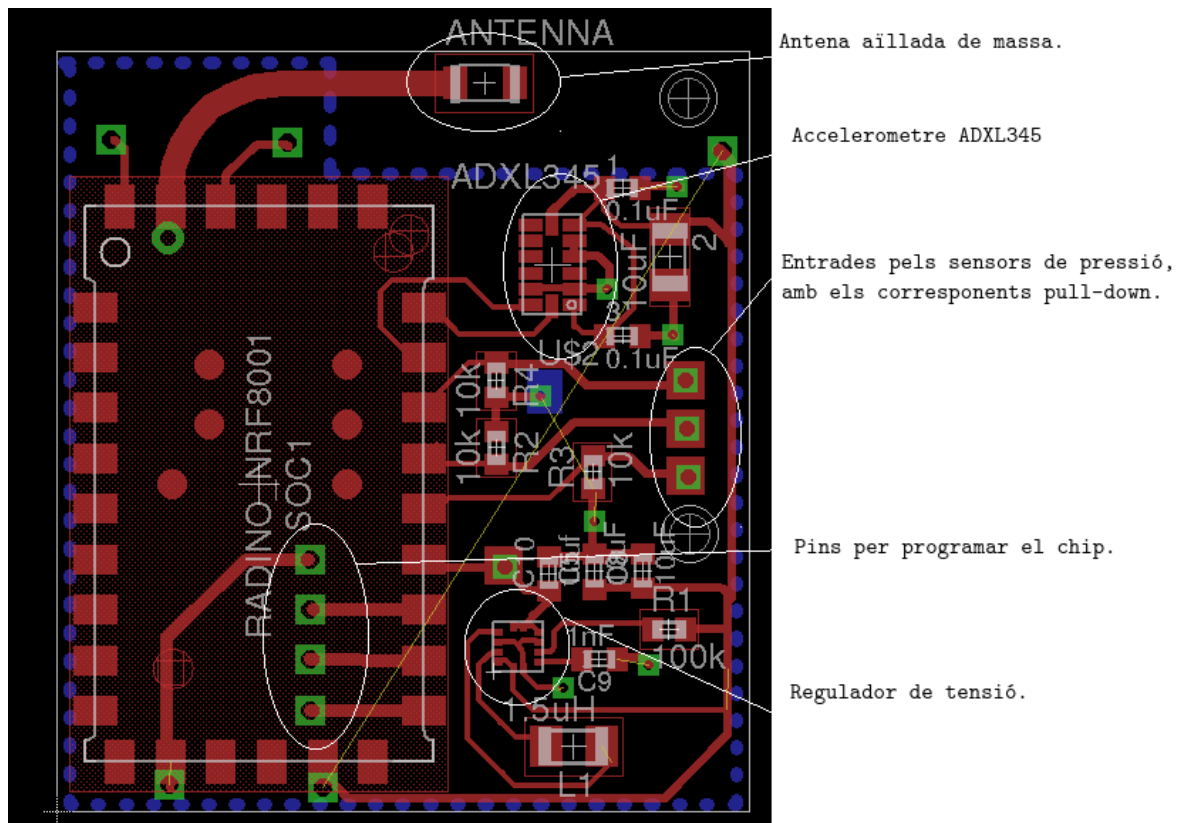


Figura 50. Board del sistema amb explicació.

Per tal de poder programar la placa es va dissenyar també unes plaques per poder fer un programador.

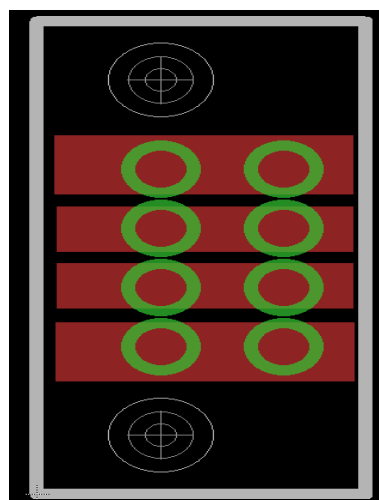


Figura 51. Board del programador.

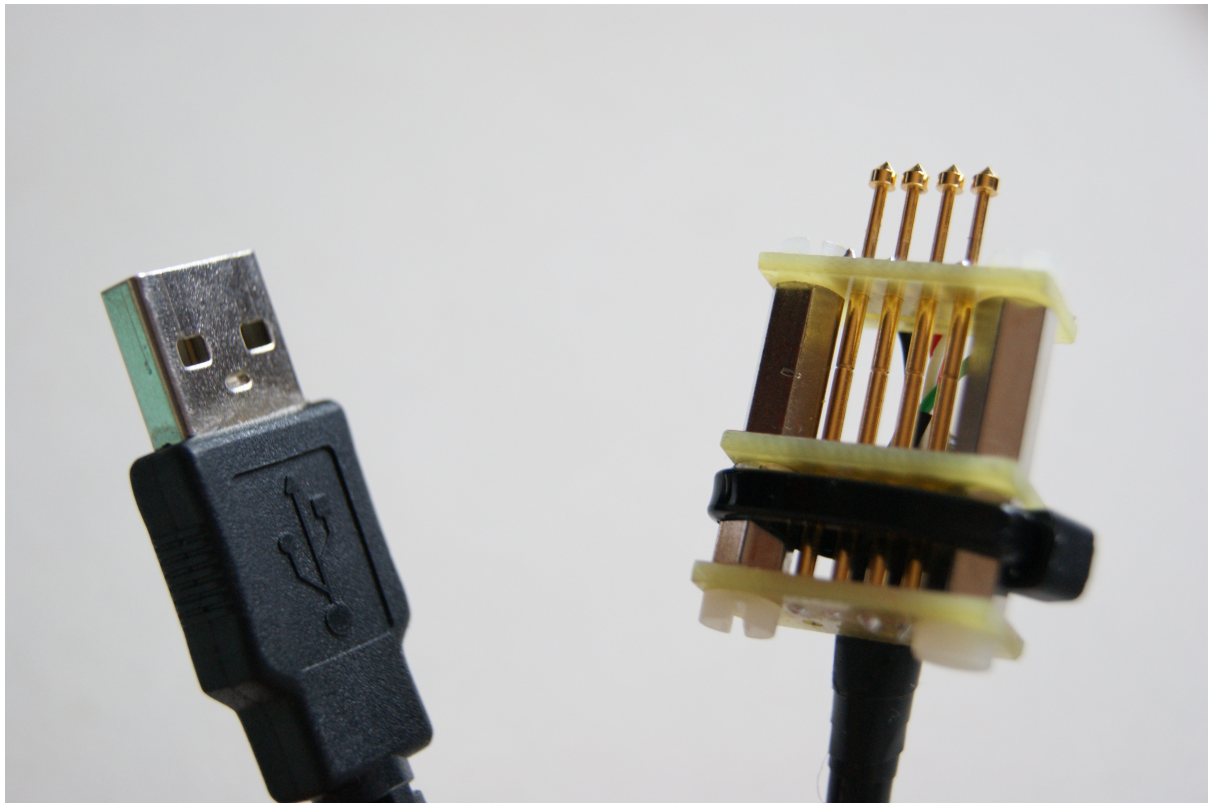


Figura 52. Programador acabat

Aquest programador consta de 4 pins amb molla connectats als 4 fils d'una connexió standard usb, és a dir : D+ , D- , Vcc i GND.

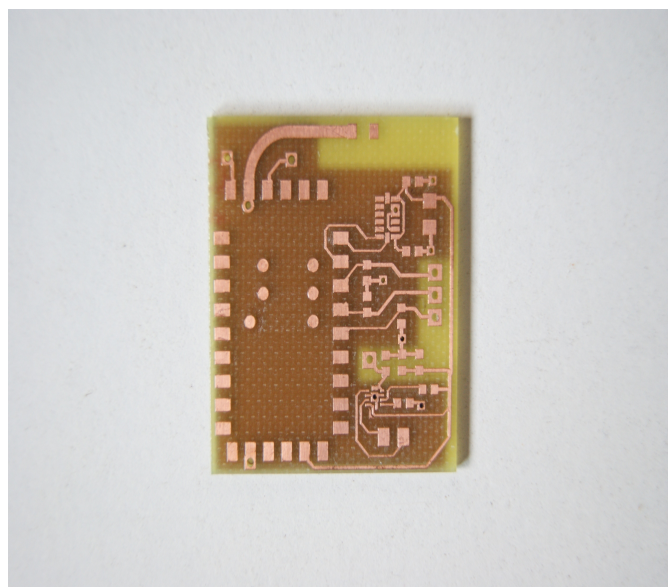


Figura 53. Placa PCB finalitzada.

7. Funcionament del sistema

Primerament es van buscar quines possibles limitacions de transmissió tindríem amb el Bluetooth low energy que són les següents:

La unitat màxima de transferència que permet el BLE bluetooth low energy teòrica és de 27 bytes però hem comprovat que realment només pot transmetre 20 bytes de forma correcta.

Passos previs i connexions inicials:

Per tal de comunicar el Radino amb un PC, és imprescindible que el PC disposi de comunicació Bluetooth, si no és així, no hi pot haver forma de comunicació. En aquest cas concretament a més a més havia de ser Bluetooth 4.0. Així doncs, vaig comprovar que dispo d'un PC amb aquest requisit.

Per començar el que es va fer va ser agafar un exemple que hi havia a la llibreria del radino , de nom «*radino nRF8001 IO HF USB Test*» que el feia era establir el Radino en mode advertisement, permetent la connexió i enviar dades en els dos sentits.

Un cop alimentat el Radino, es volia veure si aquest ja generava la connexió Bluetooth.

Per provar-ho, s'ha utilitzat una App al Smartphone que permet veure les xarxes Bluetooth que hi ha al voltant.

Mitjançant aquesta App, de nom –nFR UART v2.0– i gràcies al programa de prova anteriorment nomenat, es van poder enviar caràcters mitjançant el mòbil i es podia observar com el PC els rebia observant els caràcters d'entrada que rebia.

Finalment, s'havia de fer el programa que recollís les dades del sensor i fes servir la connexió Bluetooth per transmetre les dades. Per fer això s'ha dissenyat un codi que estableix la connexió bluetooth i va enviant les dades recollides dels sensors.

La trama de dades que s'ha creat per tal de comunicanr-se amb l'aplicació és la següent:

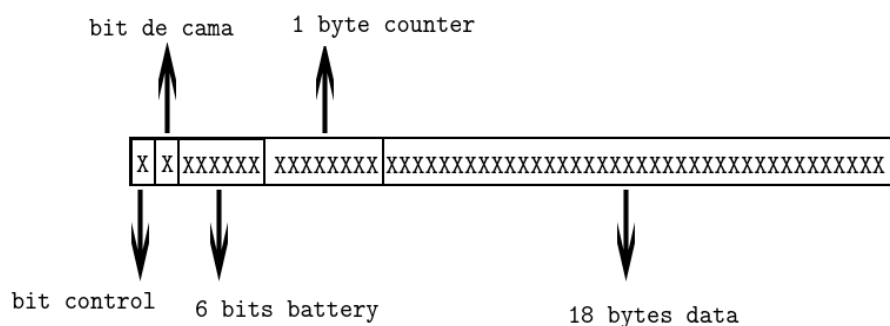


Figura 54. Trama de dades.

- Bit control: un 0 indica que s'envien dades i un 1 que és una trama de control.
- Bit de cama: Un 0 indica que és la cama esquerra i un 1 indica que és la dreta.
- 6 bits de bateria: En aquests bits s'envia el percentatge de la bateria.
- 1 byte de comptador: En aquest byte es contenen les mostres enviades.
- 18 bytes de dades: En aquests 18 bytes s'envien les dades que rep l'acceleròmetre i els sensors de pressió, per tant en cada trama s'envien tres mostres de l'acceleròmetre i tres dels sensors: X,Y,Z P1,P2,P3 X,Y,Z P1,P2,P3 X,Y,Z P1,P2,P3

S'envia una trama cada 33 ms, per tant s'envien aproximadament 30 trames per segon.

Cada trama consta de tres mostres d'acceleròmetre i tres dels sensors de pressió, per tant s'envien 90 mostres per segon aproximadament.

7.1. Funcionament final del sistema

El funcionament final del sistema és el següent:

Un cop el sistema està alimentat es posa en mode esclau, és a dir, el sistema està esperant a que algú estableixi una connexió amb ell.

Quan algun dispositiu estableix una connexió amb la MAC específica del nostre xip es produeix un handshake que estableix la connexió.

A partir d'aquest moment el sistema implantat a la plantilla comença a enviar les dades que va llegint dels sensors utilitzant el patró de la trama dissenyada.

La plantilla envia dades fins que es talli la connexió.

8. Codi dels programes

Pel que fa a programació s'han hagut de fer diversos programes, un en llenguatge C per el radino i uns altres en Python per executar en el sistema central en aquest cas el PC.

8.1. Codi en llenguatge C pel radino.

Aquí es mostra el loop del programa utilitzat en el radino:

```
static byte trama_control = 0; //CONTROL = 1, NO CONTROL = 0
static byte trama_peu = 0; //esquerre = 0, dreta = 1
static byte trama_battery = 0x00;
bool firstsend = true;
static uint8_t trama[20] = {0}; //TRAMA A ENVIAR
static int data;
static int nmostra = 1;
static int bytedemostra = 4;
static byte batteryPercentatge = 0x0F;
static byte tempsmostreig=00011001;
static byte Contador = 0;
static int fsrPin = 3;
static int fsrPin1 = 0;
static int fsrPin2 = 2;
static int Pin3 = 1;
static byte fsrReading;
static byte fsrReading1;
static byte fsrReading2;
static int vccReading;
static int control = 0;

void loop() {

    aci_loop();
    delay(25);

    fsrReading = analogRead(fsrPin);
    fsrReading1 = analogRead(fsrPin1);
    fsrReading2 = analogRead(fsrPin2);
    vccReading = analogRead(Pin3);
    batteryPercentatge = vccReading/8;
```

```

trama[0] = trama_control<<7 | trama_peu<<6 | batteryPercentatge;
trama[1] = Contador;

if (nmostra<=3) {
    Accel_1.readAccel(data);
    trama[bytedemostra+1]=data[0]>>2;
    trama[bytedemostra+2]=data[1]>>2;
    trama[bytedemostra+3]=data[2]>>2;
    trama[bytedemostra+4]=fsrReading;
    trama[bytedemostra+5]=fsrReading1;
    trama[bytedemostra+6]=fsrReading2;
    nmostra++;
    bytedemostra+=6;
}
else{
    if (pipe_available && interval_changed && is_connected){
        lib_aci_send_data(PIPE_UART_OVER_BTLE_UART_TX_TX,(uint8_t
*)trama,20);
        lib_aci_get_battery_level();
        lib_aci_get_temperature();
        Contador++;
        control++;
        nmostra=1;
        bytedemostra=1;
    }
}
}
}

```

Aquí es pot veure com primer de tot s'inicialitzen i es declaren les variables utilitzades en el programa, seguidament es llegeixen els valors dels sensors de pressió i el voltatge de la bateria a partir de les entrades analògiques.

Un cop fet això es comença a escriure la trama, els bytes de dades de la trama es van omplint amb els valors dels sensors de pressió i els dels 3 eixos de l'accelerometre, aquests es llegeixen per I²C utilitzant la llibreria del ADXL345.

Un cop està tota la trama montada, es mira que la connexió sigui correcta i s'envien els 20 bytes.

Finalment incrementem el contador i inicialitzem les variables necessàries.

8.2. Codi en Python pel PC.

8.2.1. Codi receptor.

En aquest codi escrit en Python s'estableix la connexió amb el radino, es creen dos fitxers on s'escriuran les dades que arriben.

```
ble = btle.Periph  ral()
ble.connect("F9:4C:37:62:9E:93", "random") # MAC radino
ble._readCharacteristicByUUID(0x2902, 1, 2000)
ble.writeCharacteristic(28, '\x01\x00')
ble.writeCharacteristic(34, '\x01\x00')
ble._readCharacteristicByUUID(0x2902, 1, 2000)
accel= open('accel.dat','w')
pres= open('pres.dat','w')
class UserDelegate(btle.DefaultDelegate):
    def __init__(self):
        pass
    def handleNotification(self, cHandle, data):
        trama=''.join(format(ord(c),'08b') for c in data)
        print("TRAMA: "+ trama+"\n")
        Trama=trama[0]
        if Trama==1:
            Trama='Control'
        Legb=int(trama[1])
        Leg='Left'
        if Legb==1:
            Leg='Right'
        battery=str(round(int(trama[2:8],2)/64.0*100,2))
        Counter=str(int(trama[8:16],2))
        Data=trama[16:]
        Data2 = []
        Data1 = []
        n=8
        while n<152:
            if str(Data[n-8])=='1':
                Data2+=[-(- (int (str(Data[n-7:n]), 2)-127))]
                Data1+=[int (str(Data[n-8:n]), 2)]
            else:
                Data2+=[ int (str(Data[n-7:n]), 2)]
                Data1+=[int (str(Data[n-8:n]), 2)]
            n+=8
```

```

        print("Trama: "+Trama+"| Leg: "+Leg+"| Battery level: "+battery
+"%| Counter: "+Counter+"| Data: "+ str(Data2))
        print("")
        accel.write(str(Data2[0])+","+str(Data2[1])+","+str(Data2[2])
+"\\n"+str(Data2[6])+","+str(Data2[7])+","+str(Data2[8])+"\\n"+str(Data2
[12])+","+str(Data2[13])+","+str(Data2[14])+"\\n")
        pres.write(str(abs(Data1[3]))+","+str(abs(Data1[4]))+","+str
(abs(Data1[5]))+"\\n"+str(abs(Data1[9]))+","+str(abs(Data1[10]))+","+str
(abs(Data1[11]))+"\\n"+str(abs(Data1[15]))+","+str(abs(Data1[16]))
+","+str(abs(Data1[17]))+"\\n")

ble.setDelegate(UserDelegate())
while(True):
    ble.waitForNotifications(10)
    ble.writeCharacteristic(0x1F, '\\x48\\x45\\x4C\\x4C\\x4F')

```

Seguidament es guarda la trama rebuda i es comença a decodificar els diferents camps que la formen, si és una trama de control o de dades, si la cama és l'esquerre o la dreta, el nivell de la bateria, el comptador de trama per assegurar-nos que no perdem dades i les diferents mostres dels sensors.

Les dades de l'accelerometre s'escriuen en un fitxer anomenat accel.dat i les dels sensors de pressió en un altre anomenat pres.dat.

A part es mostren les dades per pantalla per poder fer un petit seguiment.

8.2.2. Codi per fer gràfiques.

```
#!/usr/bin/env python
# -*- encoding:utf-8 -*-
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.animation as animation
|
data=np.loadtxt("pres.dat", delimiter=',')
fig = plt.figure()
#ax = plt.axes(xlim=(0,3000),ylim=(-300,300))
x = []
y = []
z = []
def main():
    plt.title("Pressure(Blau(Costat), Verd(Punta), Vermell(Talo)")
    plt.grid(True)
    plt.xlabel('Dada')
    plt.ylabel('instant')

    for i in range(len(data)):
        x.append(data[i][0])
        y.append(data[i][1]+256)
        z.append(data[i][2]+512)

    plt.plot(x)
    plt.plot(y)
    plt.plot(z)

    plt.show()

main()
```

En aquest últim codi s'obren els fitxer on previamente s'han guardat les dades dels sensors , es guarden les dades en llistes i posteriorment es fa la gràfica de les dades.

9. Dispositiu final

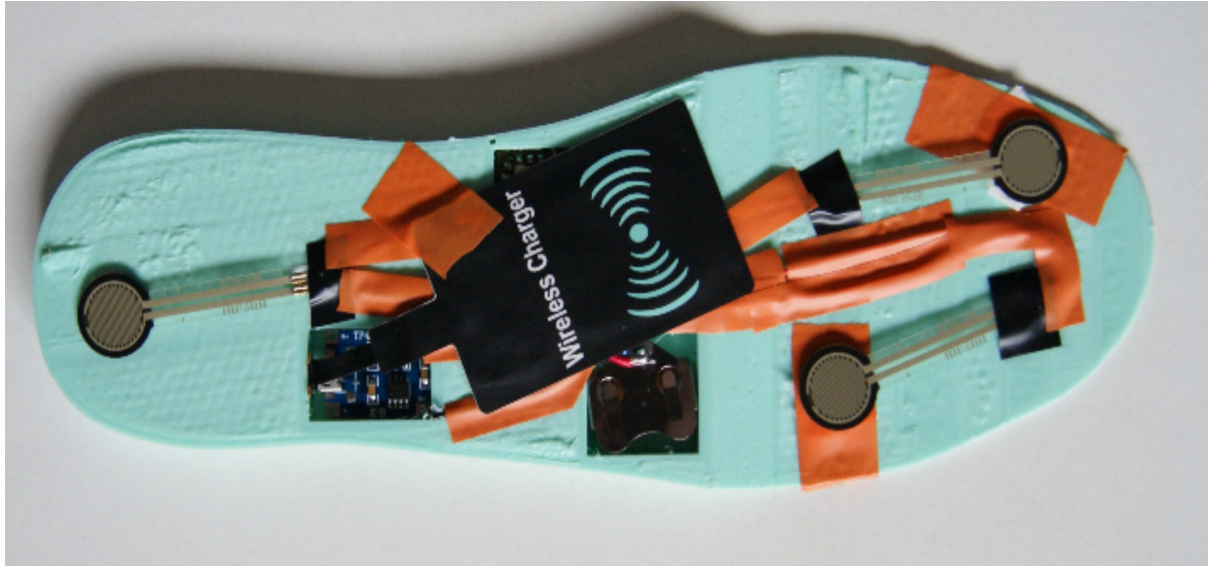


Figura 55. Plantilla integrada

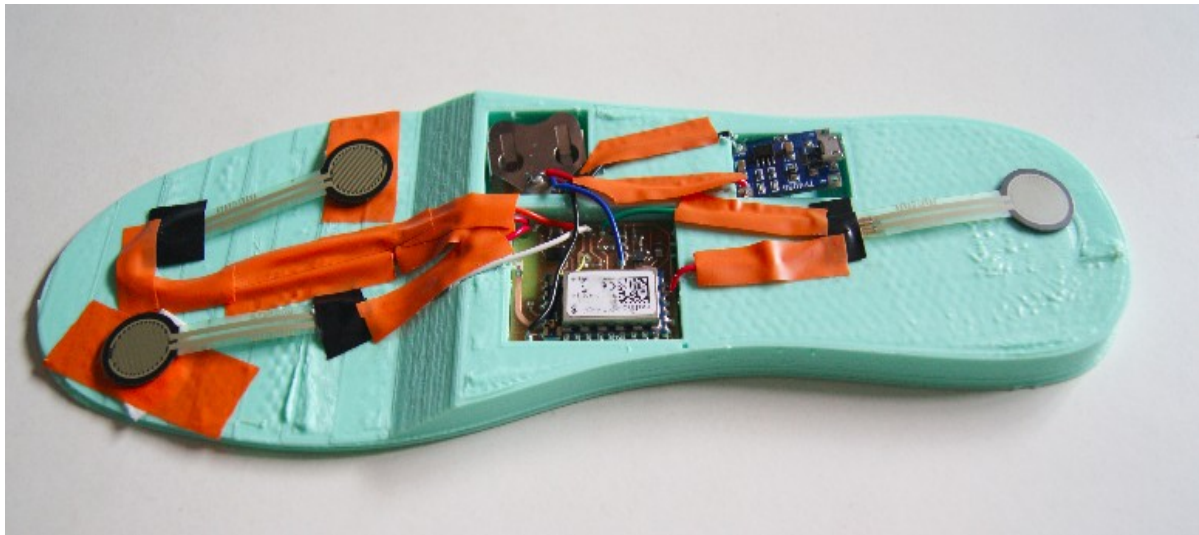


Figura 56. sistema incorporat



Figura 57. Plantilla amb sensors

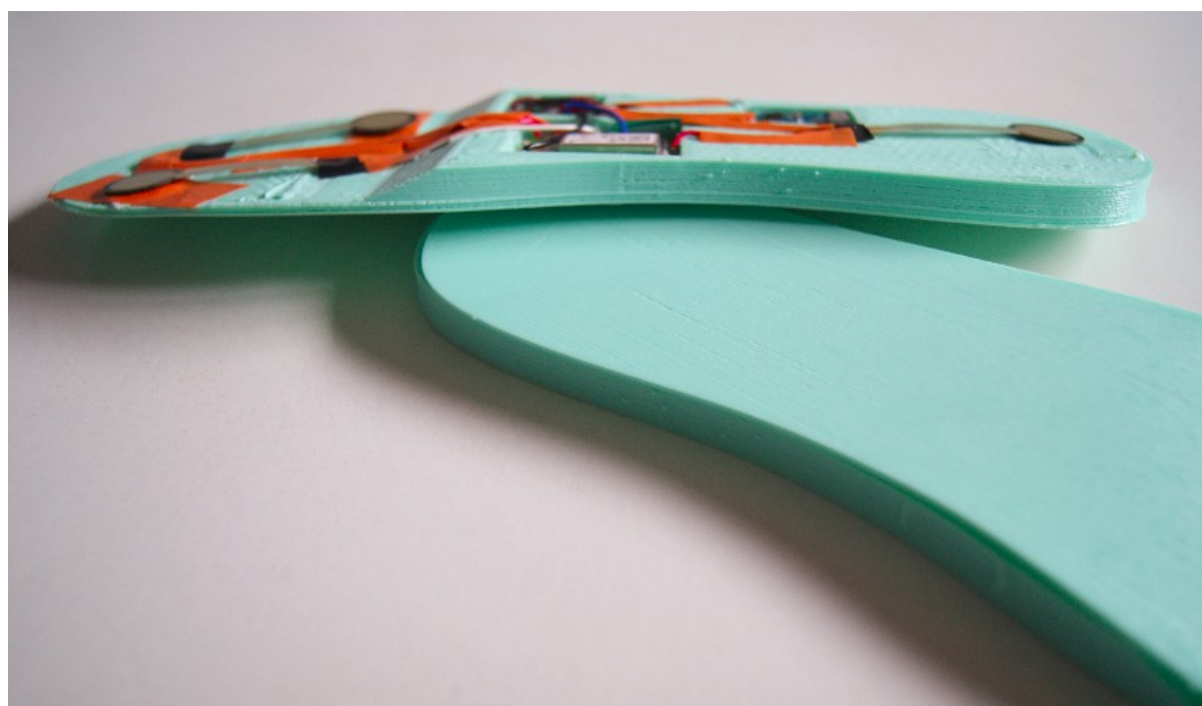


Figura 58. Plantilla de perfil

10. Gràfiques obtingudes

Caminada normal

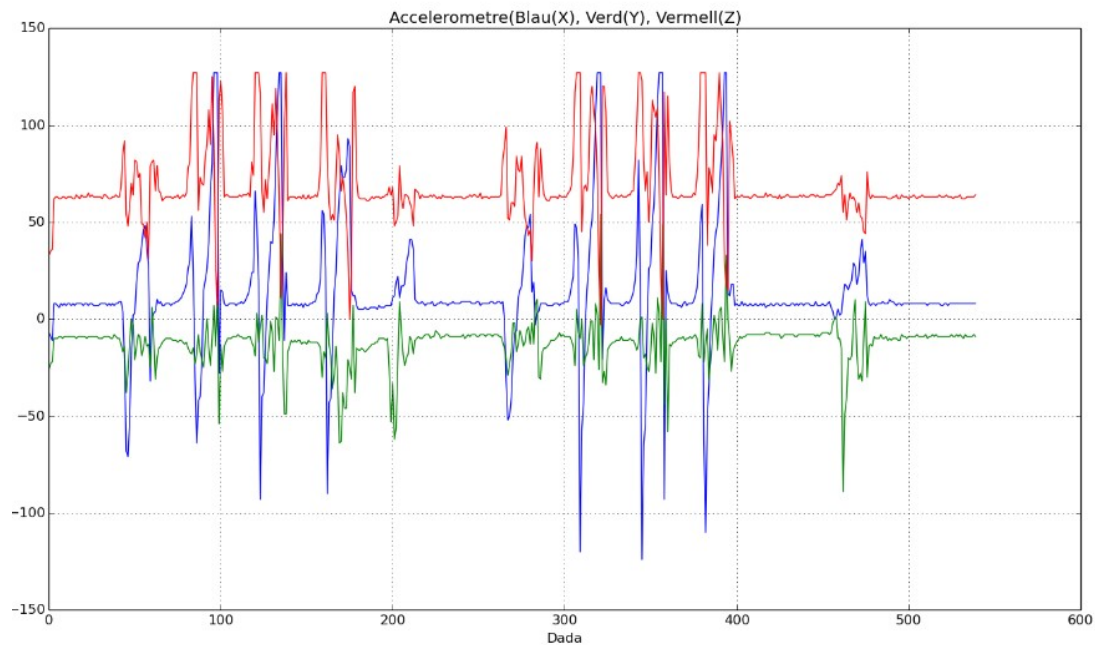


Figura 59. Gràfica caminada normal

En aquesta gràfica es pot veure una caminada 'normal', es poden veure com es comença des de parat es fan quatre passes es gira, s'espera uns segons quiet i es tornen a fer quatre passes.



Figura 60. Petjada neutre.

Caminada pronador:

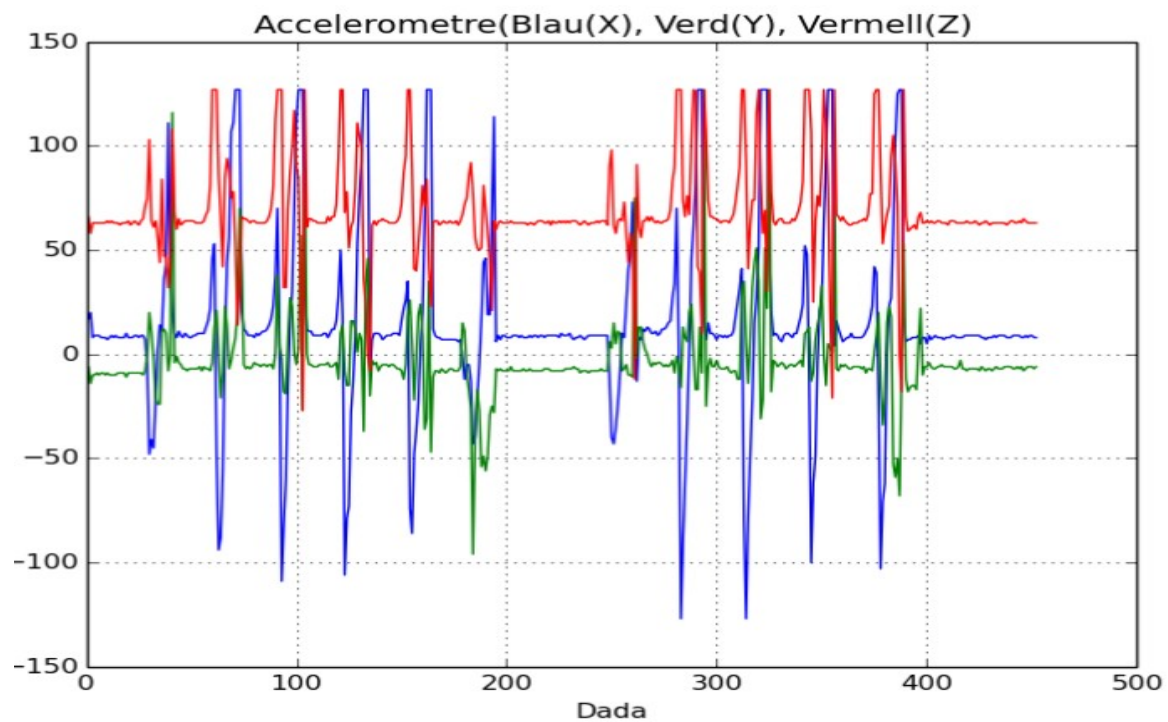


Figura 61. Gràfica caminada pronadora

En aquest altre cas s'està forçant una caminada pronadora, això vol dir que es recolza el peu per la part interna. Fàcilment es detecta que la línia verda que representa l'eix de les y té en mitjana una valor més positiu.



Figura 62. Petjada pronadora

Caminada supinador:

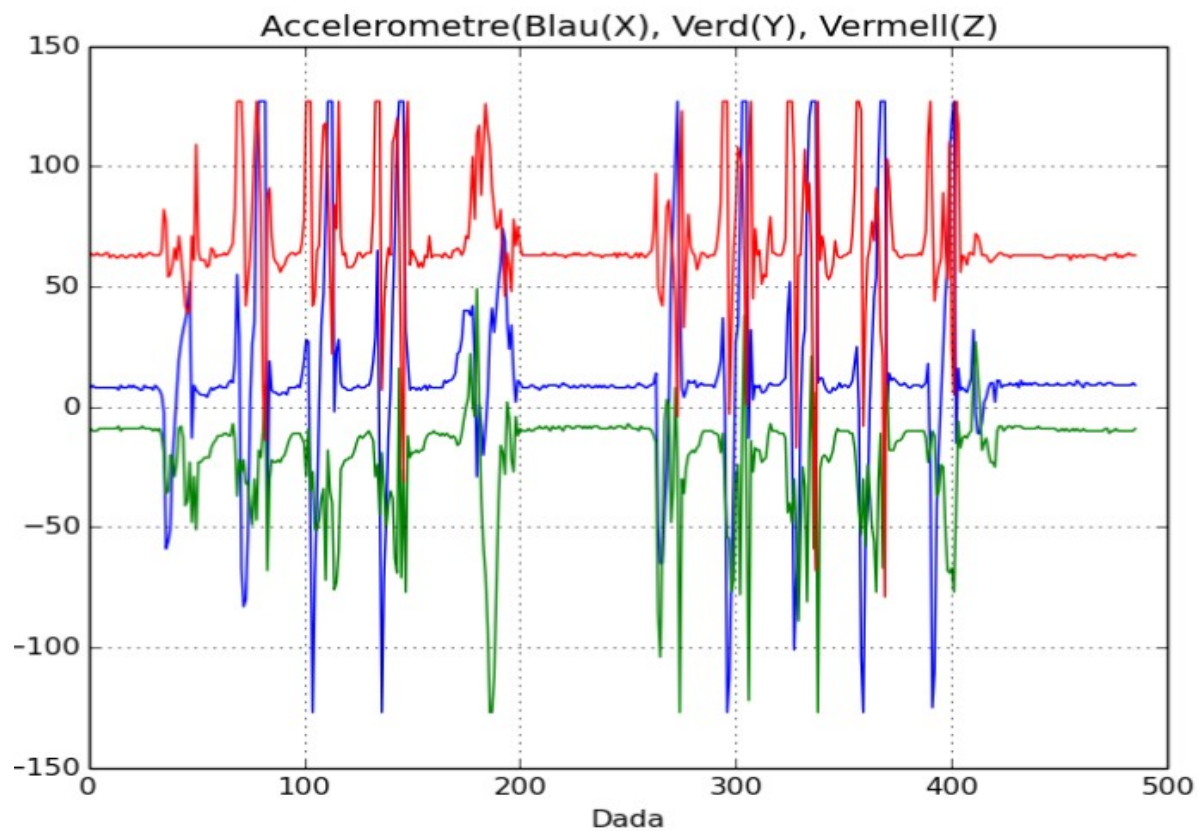


Figura 63. Gràfica caminada supinadora

Aquí es pot veure una caminada de quatre passes supinadora, clarament es veu com el valor mitjà de l'eix y, en aquest cas la línia verda té un valor més negatiu.



Figura 64. Petjada supinadora

Sensors de pressió:

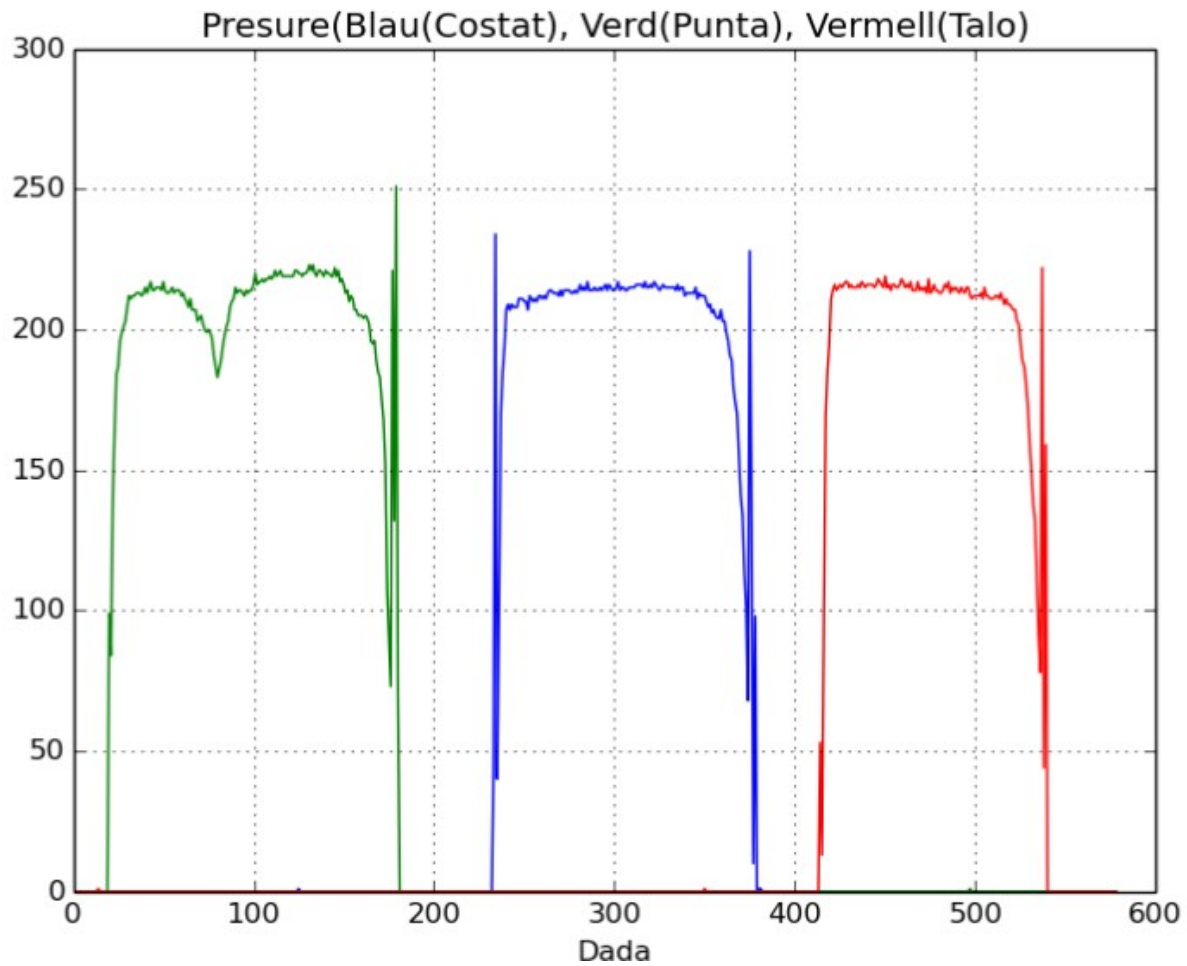


Figura 65. Gràfica dels sensors de pressió

Aquí es pot veure com actuen els tres sensors de pressió, primer es fa força en un, després el segon i finalment l'últim.

11. Cost económic

Un cop triats tots els elements i creada la primera plantilla es pot fer un càlcul del cost del disseny:

Component	Unitats	€/unitat	Subtotal
Sensor pressió	3	5,50 €	16,50 €
Acceleròmetre	1	6,27 €	6,27 €
Bateria	1	1,50 €	1,50 €
Regulador	1	9,00 €	9,00 €
Microcontrolador	1	19,90 €	19,90 €
Carregador	1	1,00 €	1,00 €
Antena	1	0,729 €	0,729 €
Base Qi	1	7,50 €	7,50 €
Battery holder	1	0,70 €	0,70 €
Filaflex	1	35,90 €	6,00 €
Components pasius	n	1,50 €	1,50 €
Receptor Qi	1	1,30 €	1,30 €
		TOTAL	71,90 €

Taula 6. Cost final

12. Conclusions

Sempre m'agrada dir que un enginyer és un solucionador de problemes per facilitar o millorar la vida de la gent, a més crear una cosa des de zero fent-ho tot tu és una experiència molt enriquidora.

Arribat aquest punt i mirant enrere es podria dir que aquest treball ha estat un èxit, és veritat que quedaria molt per desenvolupar i millorar però els objectius marcats a l'inici del treball han estat tots assolits.

Com ha resultat del projecte es pot dir que es pot obtenir molta informació de la caminada d'una persona, tot i que aquest camp és molt innovador ja es pot veure que té molt futur.

Nous projectes..

Com a conseqüència d'aquest projecte podrien sorgir alguns de nous, com per exemple desenvolupar una aplicació mòbil per gestionar la plantilla.

Un altre treball podria estar relacionat amb el post processat de les dades, la seva representació i crear una sèrie d'eines que permetessin a un especialista treure conclusions de les dades obtingudes.

També es podria dissenyar un xip, un circuit integrat que fos dedicat a les necessitats d'una plantilla intel·ligent.

13. Índex d'il·lustracions

Figura 1: Esquema on es mostra el muntatge d'un sistema Motion Capture.....	10
Figura 2. Components del producte Smart Socks de Sensoria.....	10
Figura 3. Aplicació que va lligada amb els Smart Socks de Sensoria.....	11
Figura 4. Il·lustració on es mostra la distribució de la pressió del peu.....	11
Figura 5. Il·lustració on es mostra el centre de pressió.....	11
Figura 6. Il·lustració on es mostren els 13 punts claus de la planta del peu.....	12
Figura 7. Producte Force Sensitive Insole de l'empresa Tekscan.....	12
Figura 8. Foto de la plataforma Emed desenvolupada per l'empresa Novel.....	13
Figura 9. Esquema de la plataforma Emed.....	13
Figura 10. Fotografia de la plataforma MatScan.....	13
Figura 11. Fotografia de l'ús de la plataforma FDM.....	14
Figura 12. Baropodòmetre electrònic.....	15
Figura 13. Baropodometria en fase estàtica on s'observen els punts de màxima pressió i el baricentre en un pacient normal amb valors de referència normals.....	15
Figura 14. Disseny d'una plantilla tecnològica utilitzant la informació de la baropodometria.....	17
Figura 15. Exemple esquemàtic amb un mestre (un microcontrolador) i tres nodes esclaus (ADC, DAC i un altre microcontrolador).....	20
Figura 16. Exemple de bus SPI amb un màster i un esclau.....	20
Figura 17. Exemple d'un bus SPI amb un màster i tres esclaus.....	21
Figura 18. Il·lustració de FSR 400 Short.....	21
Figura 19. Il·lustració de FSR 400.....	22
Figura 20. Il·lustració de FSR 402.....	22
Figura 21. Il·lustració de FSR 402.....	22
Figura 22. Il·lustració de FSR 406.....	22
Figura 23. Sensor ADXL345.....	23
Figura 24. Sensor MPU-600 a l'esquerra i MPU-6050 a la dreta.....	24
Figura 25. Tenergy 3.7V (062030).....	27
Figura 26. Polímer de Liti 3,7 V (063450).....	27
Figura 27. Polímer de Liti 3.7V (E585460-4121-E4104-L58-1).....	28
Figura 28. Li-Ion IIR2450 3.6V.....	28
Figura 29. Carregador bateries de polímer (BA2A950).....	29
Figura 30. Carregador bateries TP4056.....	29
Figura 31. Radino nRF8001.....	32
Figura 32. Antena johanson 2450AT18B100E.....	32
Figura 33. Sensor de pressió escollit.....	36
Figura 34. Accelerometre escollit.....	36
Figura 35. Bateria Li-Ion escollida.....	36
Figura 36. Receptor de càrrega.....	37
Figura 37. Base de càrrega Qi.....	37

Figura 38. Primer disseny de la plantilla.....	38
Figura 39. Disseny amb la forma desitjada.....	39
Figura 40. Disseny amb la forma desitjada i forats.....	39
Figura 41. Disseny de la tapa de la plantilla.....	39
Figura 42. Primera peça amb Filaflex.....	40
Figura 43. Plantilla impresa amb Filaflex.....	41
Figura 44. Tapa plantilla impresa amb Filaflex.....	41
Figura 45. Schematic del Regulador.....	42
Figura 46. Package del Regulador.....	43
Figura 47. Device del Regulador.....	43
Figura 48. Schematic del sistema.....	44
Figura 49. Board del sistema.....	45
Figura 50. Board del sistema amb explicació.....	46
Figura 51. Board del programador.....	46
Figura 52. Programador acabat.....	47
Figura 53. Placa PCB finalitzada.....	47
Figura 54. Trama de dades.....	49
Figura 55. Plantilla integrada.....	56
Figura 56. sistema incorporat.....	56
Figura 57. Plantilla amb sensors.....	57
Figura 58. Plantilla de perfil.....	57
Figura 59. Gràfica caminada normal.....	58
Figura 60. Petjada neutre.....	58
Figura 61. Gràfica caminada pronadora.....	59
Figura 62. Petjada pronadora.....	59
Figura 63. Gràfica caminada supinadora.....	60
Figura 64. Petjada supinadora.....	60
Figura 65. Gràfica dels sensors de pressió.....	61

14. Índex de taules

Taula 1. Comparativa dels diferents sensors de pressió	23
Taula 2. Comparativa dels diferents sensors de moviment.....	24
Taula 3. Comparativa de les diferents bateries.....	28
Taula 4. Comparativa dels diferents carregadors.....	29
Taula 5. Comparativa dels protocols Wi-Fi.....	31
Taula 6. Cost final	62

15. Datasheets importants

Radino nRF8001:

http://wiki.in-circuit.de/images/7/7a/305000074A_radino_nRF8001.pdf

Regulador de voltatge TPS63051:

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps63050.pdf>

Carregador de bateria TP4056:

<https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>

Acceleròmetre ADXL345:

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Accelerometer/ADXL345.pdf>

Bateria Lir2450:

<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/LIR2450.pdf>

Antenna johanson:

<http://www.johansontechnology.com/datasheets/antennas/2450AT43B100.pdf>

Sensors de pressió:

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Pressure/fsrguide.pdf>

16. Bibliografia

- [1] “Biomecánica.” [Online]. Available: <http://www.redtf.es/index.php/2012-11-06-16-11-21/red-biomecanica>.
- [2] “Mitjons amb sensors.” [Online]. Available: <http://www.vitonica.com.mx/carrera/calcetines-con-sensores-para-monitorear-nuestra-pisada>.
- [3] “Moticon’s OpenGo Insoles with Wireless Sensors.” [Online]. Available: <https://www.medgadget.com/2013/09/moticons-opengo-insoles-with-wireless-sensors.html>.
- [4] “Reconocimiento automatico de pisadas.” [Online]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11405/fichero/RECONOCIMIENTO+AUTOMATICO+DE+PISADAS.pdf>.
- [5] “Mitjons amb sensors_2.” [Online]. Available: <http://www.sensoriafitness.com/>.
- [6] “Sensor que detecta la pisada del pie.” [Online]. Available: <http://cuidatusaludcondiane.com/plantilla-con-sensor-para-monitorear-la-pisada/>.
- [7] H. Abe, T. Murai, and K. Zaghib, “Vapor-grown carbon fiber anode for cylindrical lithium ion rechargeable batteries,” *Journal of Power Sources*, 1999. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877539800158X>.
- [8] I. ThermoAnalytics, “Battery Types and Characteristics for HEV,” 2007. [Online]. Available: <http://www.thermoanalytics.com/support/publications/batterytypesdoc.html>.
- [9] “Batería y cargadores.” [Online]. Available: <http://www.filmscanner.info/es/AkkusLadegeraete.html>.
- [10] “Panasonic Develops New Higher-Capacity 18650 Li-Ion Cells; Application of Silicon-based Alloy in Anode.” [Online]. Available: <http://www.greencarcongress.com/2009/12/panasonic-20091225.html>.
- [11] “NiMH Battery Charging Basics.” [Online]. Available: <http://www.powerstream.com/NiMH.htm>.

- [12] "Rechargeable Li-Ion OEM Battery Products." [Online]. Available: <http://www.panasonic.com/industrial/batteries-oem/oem/lithium-ion.aspx>.
- [13] "Comparativa bateria de Litio i NiMh." [Online]. Available: <http://www.decamaras.com/CMS/content/view/138/40-Es-mejor-una-camara-con-bateria-de-Litio-o-NiMh>.
- [14] "Science & Research - Moticon." [Online]. Available: <http://www.moticon.de/products/science-research#science-research-system>.
- [15] "Science & Research - Moticon." [Online]. Available: <http://www.moticon.de/products/science-research#science-research-system>.
- [16] "AHRS IMU GIRÓSCOPO con GPS MTI-G - Sensing." [Online]. Available: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Inclin%C3%B3metros---Sensores-de-inclinaci%C3%B3n_62/Referencia-inercial-AHRS_234/AHRS-IMU-GIR%C3%93SCOPO-con-GPS-MTI-G_85.html.
- [17] "Lenguajes de programación: Bajo nivel vs Alto Nivel." [Online]. Available: <http://rcmcomputointegrado.blogspot.com.es/2012/02/lenguajes-de-programacion-bajo-nivel-vs.html>.
- [18] "Llenguatge d'assemblador." [Online]. Available: http://ca.wikipedia.org/wiki/Llenguatge_d%27assemblador.
- [19] "Wi-Fi." [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>.
- [20] "Wi-Fi Alliance." [Online]. Available: <http://www.wi-fi.org/>.
- [21] "BATERIA DE POLIMERO LITIO - 3,7V / 1000MA ('PRT-00339', 'SPRK-LIPO100')." [Online]. Available: <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/2/BA1A3710/bateria-de-polimero-litio---3-7v---1000ma>.
- [22] "CARGADOR DE BATERIAS DE POLIMERO DE LITIO - 3,7V." [Online]. Available: <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/1/BA2A950/cargador-basico-de-baterias-de-polimero-de-litio---3-7v>.
- [23] "Tenergy Li-Polymer 3.7V 1000mAh." [Online]. Available: <http://www.monstermarketplace.com/nimh-rechargeable-batteries-and-chargers/tenergy-li-polymer-3-7v-1000mah-523450-battery>.

- [24] "3.7v 5000mah Lipo Battery." [Online]. Available: http://www.alibaba.com/product-detail/3-7v-5000mah-lipo-battery-flat_60060003137.html.
- [25] "CARGADOR BASICO DE BATERIAS DE POLIMERO DE LITIO - 1 a 4 CÉLULAS." [Online]. Available: <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/2/BA2A951/cargador-basico-de-baterias-de-polimero-de-litio---1-a-4-c-lulas---3-7v-a-14-4v>.
- [26] "Rechargeable Batteries Polymer Li-Ion Battery 3.7V 900mAh." [Online]. Available: <http://www.all-battery.com/polymerli-ionbattery37v900mah463455.aspx>.
- [27] "Tenenergy Li-Polymer 3.7V 1000mAh." [Online]. Available: <http://www.all-battery.com/Li-Polymer3.7V1000mAh523450Battery-30190-0.aspx>.
- [28] "Lithium Polymer Battery." [Online]. Available: http://www.alibaba.com/product-detail/Lithium-Polymer-Battery-062030-3-7v_1740290343.html?s=p.
- [29] "Science & Research - Moticon." [Online]. Available: <http://www.moticon.de/products/science-research#science-research-system>.
- [30] "AHRS IMU GIRÓSCOPO con GPS MTI-G - Sensing." [Online]. Available: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Inclin%C3%B3metros---Sensores-de-inclinaci%C3%B3n_62/Referencia-inercial-AHRS_234/AHRS-IMU-GIR%C3%93SCOPO-con-GPS-MTI-G_85.html.
- [31] "FSR 400 series." [Online]. Available: <http://www.digikey.com/product-detail/en/30-81794/1027-1001-ND/2476468>.
- [32] "FSR 402." [Online]. Available: <http://steadlands.com/product/automotive-components-sectors/>.
- [33] "Force-Sensing Resistor." [Online]. Available: <https://www.pololu.com/product/2727>.
- [34] "FSR (Force sensing resistors)." [Online]. Available: <http://www.rapidonline.com/electronic-components/force-sensing-resistors-fsr-400-series-526164>.
- [35] "FSR (Force Sensing Resistors)." [Online]. Available: <http://www.ixs.co.jp/en/products/sensor/FSR.html>.

- [36] "Arduino - Wire." Arduino - Wire. Web. 2016.
<<https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>>.
- [37] Babí Oller, Albert. "Manual: Bluetooth Low Energy per a Radino." Manual: Bluetooth Low Energy per a Radino. Web. 2016.
<http://ocwitic.epsem.upc.edu/assignatures/es/documentacio/radino-bluetooth-lowenergy/at_download/file>.
- [38] "Adafruit/Adafruit_ADXL345." GitHub. Web. 2016.
<https://github.com/adafruit/Adafruit_ADXL345>.
- [39] SparkFun Electronics ® . ADXL345. Web. 2016
<<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Accelerometer/ADXL345.pdf>>
- [40] SparkFun Electronics ® . Resistencia-1206-30k. Web. 2016
<<http://es.farnell.com/welwyn/wcr1206-30kfi/resistencia-1206-30k/dp/1100230>>
- [41] SparkFun Electronics ® . Bobina SMD. Web. 2016
<<http://es.farnell.com/webapp/wcs/stores/servlet/Search?catalogId=15001&langId=&storeId=10176&categoryId=700000005466&st=bobina%20smd&pageSize=25&showResults=true&pf=510163823,510202462>>
- [42] SparkFun Electronics ® . Condensador SMD. Web. 2015
<<http://es.farnell.com/webapp/wcs/stores/servlet/Search?catalogId=15001&langId=5&storeId=10176&categoryId=700000005423&st=condensador%20smd&pageSize=25&showResults=true&pf=510029775>>
- [43] SparkFun Electronics ® . Resistencia 100k. Web. 2016
<<http://es.farnell.com/walsin/wr06x1003ftl/res-pel-c-gruesa-100k-1-75v-0603/dp/2497805>>
- [44] NanJing Top Power ASIC Corp. Li-On Battery. Web. 2016
<<https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>>

17. Fitxa tècnica

SMART INSOLE

FRAN ROOFES

DATASHEET



HEALTHY, WEARABLE



Enginyeria d'Integració
de Sistemes TIC



SCIENCE & RESEARCH



PHYSIO



PRO SPORTS



SCIENCE & RESEARCH

This Project was developed by an engineer from the **EPSEM** ([Escola Superior d'Enginyeria de Manresa](#)) . In a space of three months, this engine to a system that allows to **sample** the walk of a person. Thanks to this, we forward in the **investigation and prevention of health problems** after analysis by professional people.



PHYSIO

The smart insole fits the shape of your foot thanks to its professional and detailed design printed with new 3D technology. You will not notice that you carry this!



PRO SPORTS

Use your smart insole to practice your favorite sports. The analysis of the information provided by your insole smart sensors will help you improve in areas where you're not giving the top.

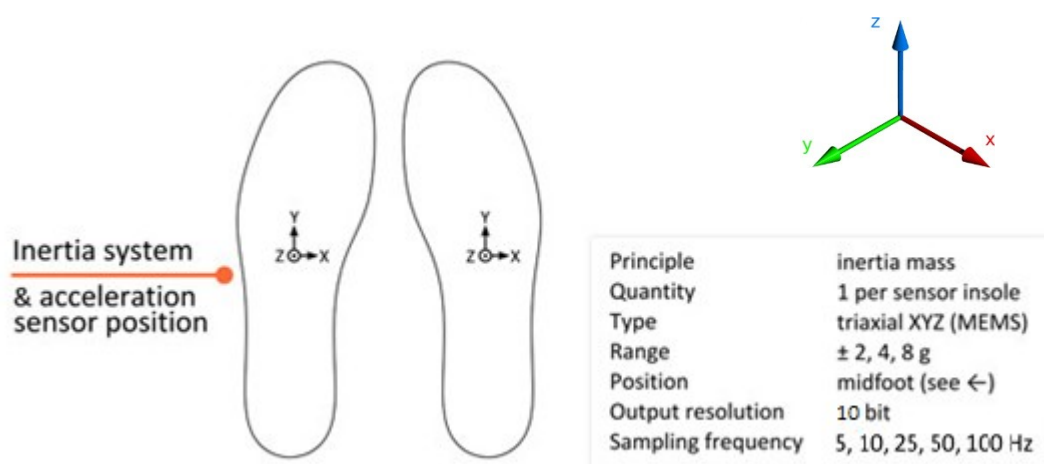


TECHNICAL INFORMATION



Accelerometer ADXL345

The system use this sensor to sample the data on the axles. Specifications are detailed below.



Bluetooth[®] SMART Connection

We provide connectivity to the system through the Bluetooth module that incorporates the controller. The Bluetooth low energy (BLE) allows to extend the life of the battery to the amount of 9 hours





Rechargeable battery

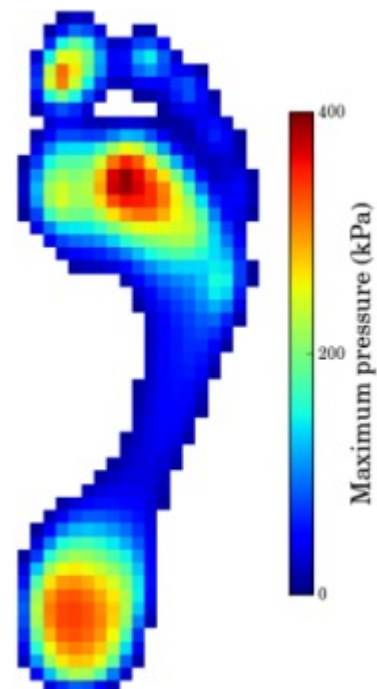
High performance and rechargeable Li-Ion coin cell are needed as power supply for the sensor insoles. The capacity is 120 mAh.

Wireless charge are available, you can charge your wearable device just leaving it on the wireless charger.



3 Pressure sensors

With the three FSR sensors, we have all the information about the way your feet pressure are distributed.



SMART INSCOLE

Contact:

622014376

fran_1991@msn.com

Av. de les Bases de Manresa, 61,08242 Manresa,Barcelona



